

産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワー  
キンググループ

(第4回) 一議事録

日時：平成26年6月25日（水曜日）15時00分～18時00分

場所：経済産業省別館3階312会議室

**出席者：**

勝呂座長、青木委員、石原委員、奥田委員、川田委員、安田委員、若尾委員、坂本委員

**オブザーバー**

一般財団法人電力中央研究所 横山名誉研究アドバイザー

北海道産業保安監督部電力安全課 丹羽課長補佐

関東東北産業保安監督部東北支部電力安全課 佐藤課長補佐

中部近畿産業保安監督部電力安全課 岩田課長

中部近畿産業保安監督部北陸産業保安監督署 佐々木署長補佐

九州産業保安監督部電力安全課 菊田課長補佐

**議題：**

- (1) 平成25年度冬季に発生した落雷に起因すると推定される事故及び火災事故等について（報告・審議）
  - ・遊佐日向川風力発電所事故について
  - ・国見岳風力発電所事故について
  - ・輪島風力発電所事故について
  - ・オロロン風力発電所事故について
  - ・追分ソーラン風力発電所事故について
  - ・南大隅ウインドファーム事故について（新規）
- (2) 落雷事故を踏まえた今後の再発防止対策等について（審議）
- (3) 株式会社日本製鋼所製風車におけるピッチベアリングの不具合事象について（報告）
- (4) 風車落下事故に対する取り組み状況について（報告）
- (5) その他（今後のスケジュール）

○渡邊電力安全課長　それでは、定刻となりましたので、ただいまから、第4回新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループを開催いたします。

本日は、ご多用の中、また本当に暑い中ご出席いただきまして、まことにありがとうございます。電力安全課の渡邊でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

本日でございますが、安田先生、ちょっと飛行機がおくれているということで、おくれに到着されるということでございます。委員9名中、安田先生も含めまして8名にご出席いただくということでございます。ワーキングの定足数も満たしております。

開会に当たりまして、産業保安担当審議官の村上からご挨拶申し上げます。

○村上審議官　産業保安担当審議官の村上でございます。

本日は、時折降る雨の中、足元の悪い中、お集まりいただきまして、まことにありがとうございます。開催に当たりまして一言ご挨拶を申し上げます。

本日の議題でございますけれども、前回に続いて、ブレードが破損したり火災を起こしたといったものについての各社からの調査報告がございます。その上で、これまでの各事業者さんからの報告を踏まえまして、落雷に係る今後の再発防止策についてのご審議をいただいた上で、中間報告のとりまとめをいただきたいと思っております。この時期に、この中間報告、とりまとまりますと、ことしの冬までまだ半年ほどの時間がございますので、そういう意味では少し時間的余裕をもって各事業者の皆様には対応をとっていただけるのではないかと考えておりますし、やはりこういった事故が続かないように、それぞれの関係者の皆様、それから事業者の皆様には危機意識をもって着実に対策をしていただきたいと思いますと考えているところでございます。

委員の皆様には、本日、ぜひとも忌憚のないご意見をいただきながら、積極的な議論でとりまとめをお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。よろしくご挨拶申し上げます。

○渡邊電力安全課長　大変恐縮でございますけれども、村上のほうは別の会議の出席のため、冒頭のみで失礼させていただきます。

今回、説明者といたしまして、株式会社庄内環境エネルギー、株式会社日立パワーソリューションズ、北陸電力株式会社、エコ・パワー株式会社、電源開発株式会社、株式会社IHI、株式会社日本製鋼所の皆様にもご参加いただいているところでございます。

また、オブザーバーといたしまして、一般財団法人電力中央研究所の横山名誉研究アドバイザーに来ていただいているところでございます。

続きまして、配付資料の確認をいたします。まず、議事次第、配付資料一覧、委員名簿、

資料1-1から1-6でございます。個別の社の事故の報告等々でございます。さらに資料2-1-1から2-2-2、これは4種類でございます。また、資料3、資料4、参考資料でございます。

資料に不備等ございましたら、議事進行中でも挙手をして事務局にお知らせいただければと思います。

以降の進行は勝呂座長にお願いいたします。よろしくをお願いいたします。

○勝呂座長 皆さんこんにちは。きょうは、不安定な天気の中でお疲れさまです。

それでは、議事に入りたいと思います。まず、今年の冬に発生した落雷に起因すると推定されております事故及び火災事故等について報告・審議を願いたいと思います。各資料について事業者から説明していただくこととなりますけれども、主に前回の委員会の委員からのご指摘の回答、それから、調査が進捗した内容を中心に説明していただきたいと思っています。

時間がまた限られていますので、説明時間を各社5分程度、質疑応答を10分程度ということで進めていきたいと思っています。

まず、資料1-1の説明を株式会社庄内環境エネルギーさんからよろしくをお願いします。

○庄内環境エネルギー（海藤） 庄内環境エネルギー、海藤と申します。

前回第3回のワーキンググループでご指摘いただきました件につきまして、今回第4回で回答させていただきたいと思っています。最終の事故報告書に関しては、今回のワーキンググループで回答した内容を反映いたしまして作成し、1カ月以内をめどとしまして、産業保安監督部のほうにご提出させていただくつもりでおります。

今回に関してご説明を前川のほうからさせていただきたいと思っています。よろしくをお願いいたします。

○日立パワーソリューションズ（前川） 日立パワーソリューションズの前川と申します。よろしくをお願いします。

では、お手元のA4の資料でございますけれども、縦になっておりまして、一番左側は前回のワーキングでいただいたコメント等を要約して書いたものでございます。それに対して、席上私が回答したのが真ん中の欄でございまして、一番右側が今回ご説明する内容ということになります。

では、順番に、一番最初のNo.1の一番上のほうから申し上げますと、前回、5メートル付近に落雷が入ったらしいというご説明をさせていただいたのですが、その拡大写真はな

いのかというご指摘がありまして、あると思いますとお答えしたのですけれども、申しわけありませんが、写真はありませんでした。

あと、着雷部をいろいろ破片から復元しようとしたのですけれども、該当破片が特定できず、実際の復元もちよっと難しかったということでございます。申しわけございませんでした。

それから、No.1の3つ目の大きな○で、20分間の運転で損傷が拡大したその損傷のメカニズムみたいなものがわからないのかというコメントをいただいたのですが、着雷の衝撃により、最初の損傷、恐らく割れだとは思いますが、そういうものが起きたとは思っているのですが、先ほどの写真の話でも申し上げましたように、破片から現物のところが断定できていないために、あくまでも推定ということではわかりません。前回の繰り返しになりますけれども、最初にできた割れなり損傷が運転で拡大していったというようなメカニズムであるということ以上のことわかりませんでした。

それから、2でございますけれども、落雷を検知してとめますというご説明を申し上げましたが、具体的にどうするのかということで、事業者さんのほうともいろいろ相談いたしまして、最終的にロゴスキーコイルを取り付けて、直撃雷を検知して、その雷の電流値なり電荷量なりを把握してとめるということをやりたいと今考えています。そのしきい値については後でご説明申し上げますが、IECのレベルI以上の雷で風車を自動停止しようという予定です。

次に、No.3の最初のご指摘で、侵入禁止を具体的にどうするのかと、ウェブカメラでみて人が来たらどうするのだというご指摘があったのですが、特別な監視は行わないことにいたしました。風車自身は、ここにありますように、保安林エリアに建設されておまして、基本的には一般の人が来る場所ではないということから、現在行っている侵入禁止策と看板ということで侵入禁止対策とさせていただきたいと思っております。

それから、No.3の一番下の雷の「一定規模」とか「サージインピーダンスの低減」というのを定量的に説明してほしいというコメントをいただきましたが、先ほどいいましたように、雷の一定規模、とめるための一定規模はIECのレベルIとさせていただきたいと思っております。ただ、これは実際にやってみて、損傷が激しいか、もしくは全く起きないということであれば、そのしきい値については変更していこうと考えております。

それから、ブレードのサージインピーダンスの低減については、あくまでこれから検討事項なので、今後の検討項目とさせていただきたいと思っております。

最後のNo.4ですけれども、レセプターがないところに落ちてしまうということに対して、対策ができないのか、もしくはそのブレードの構造を改善できないのかというご指摘がございました。実は、メーカーのほうでは、今、先端がブレードチップになっているわけですけれども、そこからブレードの先端のFRPの部分にレセプターを追加設置するという対策、案が出てきておまして、それをことしの冬、実際の風車に取り付けて効果を確認しようと考えております。

ただ、これは今回問題になりました遊佐日向川ではない、別の日本海側のサイトで今、この実験というか、試験をやってみたいと考えております。そういうことをすることで、ブレードそのものの構造改造とか、それは基本的に今メーカーも行う考えがないということでしたので、あわせてご報告申し上げます。

先ほども説明がありましたけれども、裏が前回の報告書になっておりますけれども、この報告書の原因対策と、今回ご説明させていただいたような、例えば自動停止装置の具体策とか、そういうものを織り込んで、大体1カ月ぐらいをめどに最終報告書として保安監督部さんのほうに提出させていただきたいと考えております。

以上でございます。

○勝呂座長　ありがとうございます。

それでは、今のご説明に関してご意見、ご質問等ありましたらお願いします。

○横山オブザーバー　2番目のロゴスキーコイルで電流値とか電荷量といっているのですけれども、これはやるのだったら何のためにやるのか、もうちょっと考えたほうがよいのではないかと思います。この意味は、小さな電荷量でも被害がありますので、そこが拡大していくので、落ちたかどうかということをチェックできればいいのではないかなと思います。ピーク電流値はまだしも、電荷量をはかるというのはそれなりの装置をつけなくてはならないので、まず設備費がかかることと、そういう使い方はノイズをうけやすいです。だから、こういうことまでやる場合には、よく検討したほうがいいかもしれないです。

それから、3番目のサージインピーダンスについてどういう議論が前回なされたのか、わかりませんが、普通、サージインピーダンスというのは構造物の形で決まるので、どう努力するとか、そういう問題では余りないのですね。それから、サージインピーダンスといっていることで現象が影響されるのは非常に早い波形のところで、エネルギー的には余り関係ありません。

そういう早い波形に対しては普通守りたいところで、SPDなり、避雷器をつければ防

げるので、余りサージインピーダンスを変えることに配慮する必要はないと思います。サージインピーダンスは塔体自身を太くするとか、設置を平面的にやるとかしなければだめです。だから、そういうことをやるぐらいの苦勞をするのだったら、これはSPDで防いだほうが早いです。

○勝呂座長　　ありがとうございます。

○日立パワーソリューションズ（前川）　　今のご指摘いただいたロゴスキーコイルでの検出方法については、先生のご意見も加味して、また事業者さんと相談して決めていきたいと思っております。

それから、2つ目のサージインピーダンスの低減というのは、実際にはブレードだけの、ブレード単品のサージインピーダンスを想定しておりまして、ブレード先端に入った雷がブレードの根元に出るまでの間の回路をちょっと改善しよう。単純な話でいうと、ダウンコンダクターをダブルにするとかトリプルにするとか、そういうことを今検討しているところでございます。

○横山オブザーバー　　ブレードのダウンコンダクターのところのインピーダンスを下げるといのが何に対しての保護しているのかよく意味がわかりません。それから、そもそもダウンコンダクターを2条にしてどのぐらいインピーダンスが下がるかという、1条だったものが500オームだったのが、2条にすると、離し方にもよりますが、350オームとかそのように下がるのですけれども、めちゃめちゃ効くものではないですから、そこは気をつけられたほうがいい。10倍の太さのものを使ったから、といっても、インピーダンスは半分程度にしか減りません。それよりも、ブレードの引下げ線のサージインピーダンス下げるとい意味がわかりません。どこの電位を下げようとしているか全然わかりません。

ちょっと言い方きついのは許してください。もっと説明聞きたいのなら、私、個人的に説明します。

○勝呂座長　　ほかによろしいですか。

今のコメントで、あと、一番最初の上のほうで、もうばらばらになっていて、どこに落ちたかというのはもうほとんどわからない？

○日立パワーソリューションズ（前川）　　折れて、ちょうどナセルに当たったところで碎けてしまっているんで、わかりません。

○勝呂座長　　わかりました。ほかによろしいでしょうか。

そうしたら次の項目に行きたいと思いますので、ありがとうございます。

次に、資料1-2の説明を北陸電力株式会社さんからお願いします。

○北陸電力（水野） 北陸電力電力流通部の水野でございます。

前回のワーキングで国見岳風力発電所2号機及び輪島風力発電所2号機の風車破損事故の原因と対策につきまして説明いたしまして、委員の皆様からいただいたコメントを中心に修正いたしまして、最終の報告書（案）、それとあわせまして、両方ともミーコン製の風車でございますので、それに対する原因と再発防止対策を簡単にまとめてまいりましたので、本日はそのA4裏表の再発防止対策につきまして堀のほうから説明させていただきます。

○北陸電力（堀） 変電チーム、堀です。

それでは、資料1-2-1に基づきまして修正箇所をご説明させていただきます。まず1.の（1）ですけれども、接触状態が不良と。その後に※マークがありますが、そちらにつきましては、過去からの複数の大電荷の落雷ということを明記してくださいというアドバイスがありましたので、そこを追記しております。

続いて（2）ですが、編組線をシリンダーに結びつけた経緯を記載してくださいというご指摘がございましたので、その辺の経緯と原設計の変更となる改修、こちらも追記してくださいというお話がありましたので、追記いたしました。

それから2.にまいりまして、表2の中の①、前回は落雷時について記載いたしましたが、我々としましては発雷時ということで、輪島風力発電所の立地環境、特に冬季雷が非常に多い地域に位置しているということを考慮いたしまして、発雷を検出して風車をとめるという装置を設置することとしました。

続いて裏側に行きまして、点検ということなのですが、前回の報告の中では、年1回点検、冬季雷後に実施するとしておりましたが、当面は年2回、冬季雷の前と後という形で状況を確認してから、最終的には年1回にもっていきたいと考えております。

それから最後、火災防止対策というところですが、対策として3つ掲げておりました。まず1つ目がダウンコンダクタに沿わせて編組線を布設するということが1点目です。

それから、対策の2といたしまして、油圧ホースの非導電化ということで、金属メッシュが入っていたことが火災の一因になったということもございますので、こちらのほうはメッシュをなくすると先般お話しいたしましたが、その辺の逆の悪影響といいたいまいしょうか、そちらを考えて文言を追加しております。油圧回路の圧力に耐えるようなホースにとりか

えるということで対策を打ちます。

最後ですが、ダウンコンダクタ、ワイヤーからの接続金具をつないでバイパス回路を設置いたしますと。具体的にいいますと、先般、等電位というお話がございましたので、それを踏まえて、図でいうところの裏側の右の一番下の部分ですね。こちらの対策3というものを追加いたしまして、燃焼物の周りに火花が生じないということを対策といたしました。

以上です。

○勝呂座長 ありがとうございます。何かご質問、ご指摘事項等ありましたらお願いします。

よろしいですか。

そうしたら、ちょっと確認ですけれども、2ページの左の下側が対策前の図で、黄色くなっているところにスパークを発生させたような痕があったということですね。

○北陸電力（堀） そうです。

○勝呂座長 それで、その火花が出ないようにということで、対策の1、2、3として、油圧回路系のところに雷電流が流れるところを避けようという形でとったということによろしいですね。

○北陸電力（堀） はい。

○勝呂座長 わかりました。ほかによろしいですか。

ホースは、前はメッシュ入りだったということで、メッシュなくて、逆に油が漏れたりということはないでしょうね。

○北陸電力（堀） ここの回路の圧力が120バルですので、それに見合うような強度を有するようなホースを選定して設置いたしますので、そういう可能性はありません。

○勝呂座長 わかりました。つなぎ目等、チェックの際には一緒にチェックするようにお願いします。

○北陸電力（堀） はい。

○勝呂座長 ほかはよろしいですか。

それでは、どうもありがとうございました。

○北陸電力（水野） それでは、今回の報告書を、この後、北陸産業保安監督署さんのほうに提出させていただきたいと思います。どうもありがとうございました。

○勝呂座長 では引き続き、資料1-3のオロロン風力発電所事故についてというこ

とで、エコ・パワーさんからお願いします。1-3と1-4、両方ともエコ・パワーさんですね。よろしくお願いします。

○エコ・パワー（蔵野） エコ・パワーの蔵野と申します。よろしくお願いいたします。

オロロン風力発電所1号機ブレード落下事故について報告申し上げます。この事故につきまして、原因及び対策がほぼまとまりましたので今回報告させていただきます。

まずサイトの概要ですけれども、北海道の羽幌町にある風車でございます。400キロワット2基あるところの1号機で今回の事故が発生しております。それと、この概要に関しましては、前々回にも報告しておりますので、一部省略させていただきます。

事故の概要は、昨年12月5日の0時10分36秒ごろと推定しております。全体的な状況としましては、被雷によりブレード1本が根元から飛散・落下、ハブカバーが脱落、それとブレードチップとブレード片が周辺に飛散したというものでございます。

2番、事故状況の気象状況ですけれども、当日は気温が3.6℃、雨の気象状況でした。前後の日にちより平均気温も高かったということと、羽幌地区の海水温も10℃前後で、平年より温かかったということで、冬季雷が発生する条件に近かったという状況でございます。

フランクリン・ジャパンの落雷解析によれば、12月5日の0時10分36秒に、この周辺10キロ以内で3回の落雷を確認しております。

(2)の風車・電力系統の状況及び損傷状況については、前回報告のとおりですので、省略いたします。

(4)事故発生時刻ですけれども、風車本体及び受変電設備に落雷時にみられる損傷があったこと、あるいは、落雷直前まで運転をずっと継続していたということから、発生時刻としては12月5日の0時10分36秒、1号機に落雷があったことによる事故と推定しております。

右側の(5)風車の事故状況についても、一部前回報告した部分もありますので、省略しながら説明いたします。図-9にブレードの損傷状況の写真が載っておりますが、落雷を受けた場合はその先端のレセプターで受雷しまして、中央部分の避雷ロッドを通過して、ブレード中央にありますブレードワイヤーを通過してライトニングケーブルを経由して、ナセル側、それとタワーのほうに雷電流を放流するというような仕組みでございます。

途中、アンカーブロックと避雷ロッドというのが先端部分、ブレードチップの中にありますけれども、ここで溶断がありました。それと、ブレードワイヤー中央部分ですけれど

も、ブレードワイヤーが、両端ですが、溶断しておりました。これは片側だけ写真が中央部分に載っておりますけれども、両端が溶断していたということと、あとブレードの根元側のところでライトニングケーブルのブレードワイヤーに近いほうが、一部素線が溶着、溶断がみられたということと、ブレードの根元側では完全に断線しておりました。それと、ブレードの根元のシリンダー部分ではアーク放電の痕があったということです。

あと、下の写真ですけれども、ハブの翼根部の点検口が、ふたがあるものが外れて飛散していたということと、内部の圧力が上昇して、空気が流れた際にナセル側に噴出痕、空気の汚れた噴出痕がみられるのがナセルカバーの部分でございます。

なお、事故のブレード以外の残りの2本のブレードについては、リーディングエッジ、あるいはトレーディングエッジが開口しているという不具合もありました。

次のページに移ります。3番、設備メンテナンス状況ですけれども、至近の点検状況がその表-1に載っております。点検結果ですけれども、ブレード関連では、経過観察中の微小なブレードの表面亀裂、これ以外特に異常はなかったということです。今回、断線していたライトニングケーブルは、前々回の定期点検、ここで点検して問題なく、断線していないことは確認しておりますが、点検間隔が1年に1回ですので、前回の定期点検、2013年9月のときには点検は行っておりません。

あと、過去の故障・事故状況ですけれども、ブレード先端部分がやはり損傷があるということが過去3度ほどありまして、その都度修理を行っております。

4番の事故原因の分析ですけれども、社内で事故調査委員会を設置しまして、計3回の委員会を開催して原因調査に当たってきました。これは外部有識者も2名入っていただいてやっているものです。事故調査委員会による現地調査を今年の1月10日に実施してご指摘いただいております。

まず1つ目は、落雷と同時にほぼブレードは破損したということと、内部に溶断痕、放電痕がみられますということでした。それと、受雷部で受雷して、避雷導線で溶断等を生じながら、アーク放電による圧力上昇、それによってブレードの破損、飛散に至ったものと推定されております。

ブレード内部の溶断した部分、断線している部分等々について、分析会社、専門の会社に分析を依頼しております。

右側のページ4の(3)に移りますが、ライトニングケーブルについては片側断線しておりました。その素線の一部が図-11に出ております。疲労破壊によるものと思われる、

直角に折れているような痕が確認できました。それと、素線の一部には割れの徴候、これは遠心力及び重力により繰り返し応力が発生して疲労破壊が進展したと思われる、そういった徴候もみられました。それと、シリンダー側については素線が一部溶断しているということもわかっております。

この風車においては、ライトニングケーブル、雷電流を逃がす部分ですけれども、正規品のケーブルを使用していなかったということもわかっております。事故機用のケーブルはやや固い、硬銅といいますか、銅線を使っております、電線自体は太くて、電流容量等の問題はないのですけれども、曲がりにくい、可撓性の小さいものを使っておりました関係で、使用時間が経過することによって最終的に破断した可能性があると思っております。

あと、前々回の定期点検で点検しておりますけれども、このときに既に疲労破壊が進行していた可能性があって、この徴候を見逃した可能性も否定できません。つまり、ライトニングケーブルに関しては、ハブ側は使用中の疲労破壊進展によりもう既に破断していたと、事故時には破断していたとみております。あと、シリンダー側は一部素線の溶断があったこと、それと、ライトニングケーブルは正規品でなかったということがわかっております。

あと、ライトニングケーブル以外の溶断した部分、溶損している部分について分析しましたが、全般的に熱的な要因で溶けたものとみられております。これは落雷による溶融、あるいは破断の結果とみております。溶断したブレードワイヤーのすぐそばにスプリングというのがついているのですけれども、ここに金属が付着しております、これも分析した結果、ブレードワイヤーそのものの付着だということも判明しております。これらから、落雷によって溶融して破断したものとわかつてお思います。

次のページ、避雷導線が溶断したということから、切れた場所は3カ所ありまして、アンカーブロックの付け根の部分とブレードワイヤーの両端部分ですけれども、これらから、雷電流で溶断が発生するという条件を求めて推定しました。ほかのブレードの実測抵抗値をもとに、溶けるための、溶融させるためのエネルギーを算出したところ、比エネルギーとして9.1MJ/Ω以上が必要であると算出いたしました。

これに基づき、フランクリン・ジャパンの落雷データ、今回はピークが3回ある落雷です。それと、NEDOの冬季雷データ、これは平成24年度の成果報告書に基づく800件以上の落雷データがあったのですけれども、こういったものと照合して総合的に判断したと

ころ、ピーク電流値としては28キロアンペア、電荷量700クーロン以上、比エネルギー量9.1MJ/Ω以上の落雷ではなかったかと推定しております。

その次に、(6)としてアーク放電による圧力上昇ですけれども、まず落雷によって避雷ロッド、あるいはブレードワイヤーの接続部分が溶断しまして、それにその後、溶断部分及びシリンダーの取り付け部分、ブレードの根元の付近、あるいはライトニングケーブルのシリンダー側、素線が溶断していたエリア、あの付近からアーク放電が発生したであろうということで、放電のエネルギーで空気が膨脹、内部圧力上昇、それでブレードの内部補強材とブレード前面、背面が接着部分が剥離したということと、この時点で風車運転継続しておりますので、分離した部分から空気が、風が入ってきたということもあって、風によるエネルギー、回転エネルギー、それと内部の圧力上昇のエネルギー、それらの合力によってブレードが周辺に飛散したものと、そういう事故だとみております。

あと、ブレード飛散距離については、大体理想状態で193メートル、先端は飛ぶだろうとみておりますが、今回、一番遠くまで飛んだのが120メートル、鉄工所の屋根にブレードチップが落下しましたが、空気抵抗を考慮すれば大体こういう数字になるのかなというところであります。

あと、風車メーカー、NEGミーコン、現在のベスタス社、それとブレードメーカーのLMウィンドパワー社にも現場をみてもらいましたが、ほぼ同じような見解で、雷電流により内部でアーク放電が発生、圧力上昇してブレードが破損したものと、そういう見方でした。

5番目、事故原因のまとめですけれども、まずはライトニングケーブルが断線したことが第一原因とみております。そのために、ライトニングケーブルが断線していたことによって避雷導線としての機能を果たせない状態となっていたということです。可撓性の小さい非正規品を使っていたということも要因の一因です。これらによってアーク放電が通常より大幅に増大する結果になったとみております。あと、過去の定期点検でライトニングケーブルの破断の徴候、劣化の徴候を見逃した可能性もあります。

2番目としては、IEC規格を超える700クーロン以上、比エネルギーも9.1MJ/Ω以上と推定される落雷を受けたこと。これらによって避雷導線が溶断して、断線箇所ではアーク放電が発生したものとみております。

3番目としましては、複数箇所ではアーク放電が発生したためにブレード内部の温度が上昇、短時間に急激に内圧が上昇したということで、ブレードが損傷し、最終的に飛散した。

さらに、事故当時、風車を運転中だったということも周辺に飛散する一因になったとみております。

再発防止策としては、まず避雷システム及びブレード点検マニュアルを整備することをやっております。これは5月に完了しました。まずライトニングケーブルに関しては、従来、1年に1回の点検だったものを1年に2回点検することにしております。あと、避雷システムの健全性の確認。これは導通試験等々も含むブレード全体の点検ですけれども、これも強化していくことになりました。冬季雷地区及び日本海地区については1年に1回、それ以外の地区については3年に1度、ブレードの詳細点検をやるということにしております。

それと、避雷システムの改修ということでは、ライトニングケーブルは、今回、1本しかないものですが、二重化して、万が一の場合に備えてもう一本つけておこうというものです。

3番目としましては、落雷情報に基づいて事前に運転停止する運用を始めております。運転再開の前には安全点検を確認してから運転を再開するようにしております。まず、冬季雷地区及び日本海地区については今回の冬から先行して実施しているところです。

4番目としましては、直撃雷センサーの設置及び被雷後の安全性確認作業の実施ということで、直撃雷センサーを一部の風車につけ始めております。落雷を検知した場合は自動で停止する機能も追加しております。直撃雷センサーがちゃんとついた動きについては、事前に風車をとめておくのですけれども、落雷がなくなった後には、その落雷を検知した風車のみ、安全点検を確認してから運転を再開したいと思います。

5番目としては、注意喚起の看板を設置することとしております。

対策を実施する時期については、大きく2つのエリアに分けて、冬季雷エリア及び日本海エリアについてはできるだけ早目にやって、それ以外のエリアについてはそれよりやや遅い時期にやる。遅くても10月末までに全ての対策を終えるという方向で考えております。

以上、よろしく願いいたします。

○勝呂座長 ありがとうございます。そうしたら、ただいまの説明に関しましてご意見、ご質問等がありましたらお願いします。

○安田委員 早稲田大学の安田です。少々遅刻して来まして申しわけありませんでした。

3ページ目の(5)でございますけれども、比エネルギーが $9.1\text{MJ}/\Omega$ と算出されたと書

いてありますが、この算出根拠をもう少し詳しくお教えいただけますでしょうか。

○エコ・パワー（蔵野） ブレード、溶けたところは3カ所ありまして、まず一番強いと計算上出ましたアンカーブロックと避雷ロッド部分、ここの避雷ロッド、ステンレス製なのですけれども、その太さから理想的な抵抗を求めて、それを溶かすためのエネルギーを計算しましたが、ほかのブレードをはかってみたら、それよりももっと実際の抵抗値は高かったということで、その実際のブレードの抵抗値を使って、その部分を溶かす比エネルギーをエネルギーの面から計算してみました。

○安田委員 わかりました。ありがとうございます。そうしますと、5番の事故原因のまとめの（2）になりますが、IEC規格を超えると書いてありますけれども、9.1というのは明らかにIEC規格のクラスIよりも低いので、IECは10ですので、これはもうもともとIECの規格に抵触していたということになってしまいますが。

○エコ・パワー（蔵野） 1ページ目、1の（2）の一番最後のところに書いてありますが、これは古い規格で製造されたブレードですので、当時のブレードとしては10MJ/Ωというスペックでした。ブレード保護と書いてありますけれども、IECの規格が当時これで作られているということです。

○安田委員 今も、最新の-24は10MJ/Ωですのでいいですけれども、結局それが結果的にIECの基準を下回っていたということ。

○エコ・パワー（蔵野） そういうことです。

○安田委員 入ってきた雷というのは、クーロンでいえばIECの規格を置いておりますけれども、比エネルギーでは超えてないので、もともと想定できる値であるということでは。

○エコ・パワー（蔵野） 比エネルギーの面からいえばそうなります。

○安田委員 ご留意いただければと思います。

○エコ・パワー（蔵野） はい。

○横山オブザーバー 安田先生おっしゃるところですけれども、私他の資料をみせてもらったのですが、この推定というのは、すごく努力してなされていると思うのですけれども、値は多分、倍半分の違いが出てもしようがないと思います。この方法は、大体の原因の推定とか対策については特に問題なくて、推定の限界であろうと思っています。700以上といっても300かもしれないし、比エネルギーも、そのものから推定するともっと違うところもあるかもしれませんが、推定のやり方としてはこれが限界だと思います。それで

も原因とか対策についてはそんなに変わりはないと思います。ただし数値は100%レベルで信用するような値ではないということは確認しておいてください。

このオロロン風力の場所について話をさせてください。羽幌とか、苫前、稚内など、北海道の西海岸の北のほうは平成20年に発行された「日本型風力発電ガイドライン」では、雷対策重点地域には指定されてないのですね。そのときの落雷ガイドライン検討委員会の委員長、私がやっているので多少の責任はあるのですが、この地域はどうかと今思っています。ほかの地域は、多分あのガイドラインの指定で変わらないと思うのですが、北海道の西海岸の稚内までのところがちょっと問題が多いかなと思っています。

電力の被害とかをみると、これは極端で、冬季雷というのはオホーツク海側はほとんどありません。まず皆無に近いですね。夏の雷の電力被害しか出ないのですね。このオロロンとか北海道の西海岸はほとんど電力設備がなくともとも送電線の、被害が出ないところですが、しかし、風車で被害がかなり出てしまうと、この地域は雷対策重点地域に指定する必要があるかもしれない。私もちょっと自信がないです。

○勝呂座長 ありがとうございます。今のは、北のほうはそういう電氣的なというか、雷の落雷のいわゆる実績がないということですか。

○横山オブザーバー はい。それともう一つは、ここ10年ぐらい、北海道は、夏もそうですけれども、かなり雷がふえてきているのです。夏は気温の上昇が効いていると思います。冬は、海流が温かいせいかふえてきています。北海道の雷は、あまりわかってないのですよ。日本の中で、雷の性状と被害様相がわからないのは北海道ですね。室蘭とかそういうところも含めて多くの地域でわからないです。旭川とか北見あたりには典型的な夏の雷はあります。

○勝呂座長 ありがとうございます。昔の商売でいうと、海水温度が上がっているのは確かみたいなどころはあるのですね。昔、多分、今はあれかもしれないですが、発電所なんかでも、冷却水の温度、24℃ぐらいでみんな設計していたのが、今、26℃か27℃ぐらいまで設計しないと真空が上がらないとかそういう問題が出ていると思うのですね。だから、今、横山先生いわれたのとほとんど似ているような感じがするので、そういうところはちょっと気をつけておかないといけないのかなあとは思いますがね。

○横山オブザーバー しつこくなるのですが、冬季雷のやつは海水温が非常に大きいです。内陸の旭川とか北見、これは海水温は全く関係ありません。

○勝呂座長 ありがとうございます。ほかはよろしいですか。

そうしたら、1点だけちょっと気にしているのですが、ワイヤーが疲労で壊れていたというのがありますよね。逆にいうと、多分みんなそうですが、このワイヤーというのは回転体の中にぶら下げて、非常に難しいのですね。どことめるかというので。今度それを2本にしますよというのを考えておられるというのがあるので、きちっと、ぶらぶらして振動で壊れないような対策を十分とっていただきたい。せっかく2本つけたのが2本ともちよん切れてしまったらいけないよということがあるので、そのあたりは気をつけていただきたいと思います。

それからもう一点、この材料が違っていたというのがありますよね。事故機のケーブルは正規ケーブルと比べて云々というのがありますけれども、こういうのは、単純に書いてあるのですけれども、その原因がどこから来ているかというのをちょっとチェックしておかないと、逆の言い方でいうと、ではこれ、調べられるのかと。いわゆる受け取ったほうが。ということ考えたときに、品質問題としていえば重要な問題なのかなという気がちょっとするので、そのあたりも何かアドバイスがあればと思います。

○エコ・パワー（蔵野） これについては、調べたのですが、どうも建設当時からということまではわかりましたが、なぜ建設時にそれがついたのかまではちょっと追いきれりません。ですので、正しい正規部品は、編組線といいますか、銅で編んだやわらかい素線ですので、通常は余り切れることはなくて、さらに2本化して、できる限り固定していきたいと思っています。ありがとうございました。

○勝呂座長 よろしくお願ひします。ほかによろしいですか。

そうしたら、どうも説明ありがとうございました。

引き続き、追分のソーラン風車の件、お願ひします。

○エコ・パワー（蔵野） では引き続きまして、追分ソーラン風力発電所2号機のブレードチップ破損について報告させていただきます。

これにつきましても、原因及び対策がほぼまとまりましたので今回報告させていただきます。これについても、第1回及び第2回で報告しておりますので、一部重複する部分はちょっと省略させていただきたいと思います。

まずサイト概要ですけれども、江差町にあります400キロワットが2基あるサイトでございます。その2号機で今回のブレードチップの破損が発生いたしました。発見した日には、本年の1月31日16時13分に異常を確認しております。2号機のブレード1本のブ

レードチップ、その片側のシェルですね。シェルといいますのは、FRP製の表面部材です。図-4のところにブレードチップの断面図があります。その上側の部分がダウンウィンド側のシェル、表面部材が剥離していたということです。長さは約2,090ミリ、幅が700ミリ、重さが10キロ前後のものでした。

事故状況ですけれども、1月25日に、先ほどのオロロン事故を受けまして、全ブレードの臨時点検をやっておりました。ここのブレードに関しては特に問題はなかったということです。その後、1月31日に、ブレードの先端が変色しているという情報提供を受けまして、直ちに運転を停止したということです。それで、翌日、当社の保全員が確認したところ、ダウンウィンド側のシェルが欠損しているということが確認できました。

当時は降雪がたくさんありまして、シェルがなかなか探し切れませんでした。雪解け後の4月16日に、南東方向約120メートル離れた国有林の中でこのシェルが発見されました。この事故自体は、1月25日の正午、その点検をした日からシェル欠損が発見された1月31日まで、この間に発生したものと思われておりますが、時間の特定はできませんでした。この期間を事故の発生想定期間と称しております。この文章の中では。

気象状況としましては、当時は冬型が崩れたり冬型になったりということの繰り返しのようだったです。それと、フランクリン・ジャパンの落雷情報によりますと、この期間には落雷はなかったということです。

あと、風況としましては、1月25日を除けば、この期間は比較的風が強目だったということです。約8.8メートルということで、平年より強い状態でした。特に31日は風速が強く、平均13.1メートルの風を記録していたということです。

右側の(3)事故状況に移りますが、ブレードチップの先端部分が黒くなっていますが、この部分がはがれた部分です。ダウンウィンド側のシェル全体がほぼ原形を保った状態で剥離・脱落して四散したという状況です。アップウィンド側のシェルと中央の構造部材がありますウェブ、これは正常にブレード側に残っていたということです。

それと、このブレードチップの中を検査したのですが、今回、落雷が直接あったというような徴候はみられませんでした。

3番のメンテナンス状況に移りますが、このブレードチップについては、2002年の1月、被雷によって、ここのダウンウィンド側のシェルが損傷しているというのが発見されました。2月にこの部分の補修をしております。ダウンウィンドシェルをアップウィンドシェル側に接着したという補修作業がありましたが、補修内容の詳細、報告書の内容が余り詳

しく書いていないがために、当時の接着作業は本当に適正だったかどうかということまでは明確な判断ができない状況でした。

次のページに移ります。過去の点検の状況ですけれども、最近行った点検は表－1に示してあるとおりで、ブレードに関しては大きな不具合はありませんでした。今回剥離したこのダウンウィンド側のシェル自体については、2011年の8月にブレードの詳細点検を行っていましたが、表面にペイントクラックがあるという報告があったのみで、特に運転に支障のあるものではありませんでした。またリーディングエッジ、トレーリングエッジ接着部分には特に亀裂等の不具合も報告されておられません。

表－1のブレード詳細点検の欄に、結果と対応のところにブレード先端亀裂と書いてありますが、これは他号機の状況を書いてしまいました。当該号機のことではないということです。

あと、4. 事故原因の分析に移ります。今回の事故は、アップウィンドシェルとウェブがありまして、それからダウンウィンドシェル側が分離してはがれたとみております。通常の固定の仕方は、図－10に示してあるとおり、3カ所、リーディングエッジ側とトレーリングエッジ側と中央のウェブの部分、この3カ所接着するのが一般的な方法ということでした。

通常のブレードチップの接着方法については図－11に示してあります。まず、ウェブがありまして、その上に接着剤、グルーというものを盛りまして、その上に表面部材のシェルを乗せて、その上にゲルコート及びトップコートという保護材を塗布するというのが一般的な接着手順でございます。

こういう状態、正常に接着されているものを、このシェルをもし無理やり引き剥がしたとなると、このグルーの割れがあったり、あるいはFRPのけば立ちがみられる、そういった症状が一般的には出るということでした。

今回破損したブレードはどうだったかというのが右側の(3)のところにあります。先端側約1,000ミリのエリアについては、接着の形跡、いわゆる引き剥がされたような形跡がありました。ですが、根元側の約700ミリについての中央のウェブの部分ですけれども、ここについては接着されたような形跡がみられませんでした。つまり、この中央のウェブとダウンウィンドシェルの接着が余り十分行われていなかった可能性があるかとみております。

(2)のリーディングエッジの接着部分、ここについては、一部はがれたグラスファイ

バーがとれてくるようなところもありまして、グラスファイバーの樹脂が十分浸透していないという症状のところもありました。つまり、十分接着されていなかったところもあるということになりました。一方、トレーリングエッジ側は比較的全般的によく接着されているということで、大きな問題はなかったのではないかとみております。

それと、次のページ、4) チップの先端部分については、グラスファイバーとトップコートが、通常こういったものは混合しないのですけれども、混合されたような形跡があるということで、こういった混合したことによって強度が保たれるような状態ではなかったのではないかと推定しております。

ブレードメーカーによる現地調査も行いました。それが(4)に記載してありますが、過去の補修、2002年の補修で全般的に小規模部分の補修用素材が使われているということで、いわゆる構造部分の補修、接着補修としては適切なものでなかったという見方をしております。また、ウェブと接着の部分においては接着されていない部分もあったと。そのような見解もいただいております。

あと、有識者による現地調査も行いました。それが(5)です。やはり同じような見方で、2002年当時の補修が十分なものではなかったという見方と、あと、その2002年の補修記録が十分整備されていない。補修記録が十分でなかった点を考慮して、点検マニュアル、点検内容、点検基準等を見直すべきと。あと、経過観察ができる体制を構築することが必要という見解をいただきました。

また、ブレードメーカーに対してこういった補修法について確認とるようというご指示をいただきました。

原因のまとめですけれども、まず1番目には不十分な補修作業ということで、2002年当時のシェルの補修、接着作業が十分ではなかったということで、劣化が徐々に進行して剥離したものと推定しております。当時の補修について、検査方法が確立していなかったということもどうもあるようで、補修の適切性を評価できなかったということです。

それと3番目としましては、こういった大規模補修を認識して、その後の点検をしていなかったということもありまして、劣化徴候を発見できなかったということがあります。当該部分を定期的に経過観察して、そういう目でみていけば、劣化徴候を早期に発見できた可能性もあると思っています。

5番目、再発防止策です。まず1つ目はブレードの大規模補修。こういったものが発生した場合には、ブレードメーカー、またはそれに準ずる専門業者を選定して委託しよう

思っております。専門事業者の選定に当たっては、経験、実績等々に基づいて社内評価を行った上で委託するというようにしております。

この大規模補修というのはどういうものかといいますと、内部構造部材、今回でいえばウェブの部分ですが、ああいったものと接着、あるいは大事なリーディングエッジ側の内部接着作業、こういったものが起きるような場合で、かつ、長さとして500ミリを超えるものは大規模補修とカテゴライズして、こういったものについては専門修理業者に委託しようとしております。

2番目、自社の補修技術の向上を図るという目的のために、まず専門事業者による当社ブレード補修作業員の再訓練を実施します。それと、同型のブレード補修マニュアルを制定していくということにしております。それぞれ本年度中にやる予定です。それと、大規模補修実施後には、内部構造部材、あるいはリーディングエッジ等の接着状況を確認するために、ダウン検査または超音波診断、そういったものを使って検査していくこととしました。それと、大規模補修後には経過観察を1年に1回必ずやっていくということで、そういった大きな補修をやったという目で点検していくということにしていきます。

それと5番目としましては、ブレード点検の強化です。先ほどのオロロンとも一部共通しますけれども、ブレードの詳細点検を定期的実施するということを決めまして、点検で使用するマニュアルも5月に制定終わりました。それで、今後はこのマニュアルに基づいて点検を強化していきます。頻度としましては、冬季雷地区及び日本海地区については1年に1回、その他については3年に1回必ずやっていくという方向で考えております。

以上でございます。

○勝呂座長 どうもありがとうございます。今の報告について、意見と質問等がありましたらお願いします。

○石原委員 ブレードの検査というのは非常に重要と思っておりますが、もともとブレードが製造された後に受入検査とか、ヨーロッパのほうで非常にちゃんとやっているの、今回ここにある打音検査についてですが、ブレードの先端のところに、非常に細く、打音検査できるのですか。

○エコ・パワー（蔵野） ブレードメーカーにも確認しながらやっておりますが、できます。それで、今回のブレードを、多分ダウンでやってみれば、あそこの接着されていない部分は軽い音がするといいますか、接着されている部分はかたい音がする、そういったことでわかるということです。

○石原委員 打音検査というのは、熟練している人や、メーカーの人は毎日やっているからわかるのですけれども、どうやって定量化するというのが時々問題になっています。トンネルの崩落事故というのは皆さん記憶に新しいですね。打音検査というのは、人によって物すごくばらつく可能性があるので、やはり超音波検査が必要ですね。打音検査だめとっているのではなくて、結果的に、打音検査で定量的に評価できるかというのはかなり疑問があるので、もし打音検査やるのだったらどういう定量化ができるか、逆に教育した後に、その人がちゃんとできるというのをどうやって検証するのかというのをぜひ確立していただきたい。

○エコ・パワー（蔵野） わかりました。ありがとうございます。ブレードメーカーともこれから一緒にやっていきたいと思えますし、それと、結構わかりやすいといいますか、やってみたところ、いいものと悪いものがついている部分とそうでない部分が結構はっきりしていますので、鉄道の車輪をたたくよりはもう少しわかりやすいのかなとは思っています。これから頑張ってやっていきたいと、確立したいと思っています。

○石原委員 誰がやっても同じ品質を保証できる品質保証に関するルールを確立していただきたい。

○勝呂座長 ありがとうございます。ダウン検査は実は昔やったことあるのですけれども、わかるのはわかるのですね。ただ、さっきいわれたみたいに、例えばこの面積全部くっついているとか、部分的にくっついているとかというのはきちっとわからないので、できれば超音波とか何とかでやる方法を、ただ、高いところについていると、実際問題としては非常に難しいのではないとか、結構あるとは思うのですけれども、ぜひ確立させていただきたいなと思います。

それから、ダウン検査で、ウェブの上のところについてないと太鼓状になっているところで、本当は真ん中で固定していると少し重い音がするのですけれども、丸くなっていて、その空間があいているような形だと太鼓たたいているみたいになるので、結構響く音が聞こえるのではないかとはいえますけどね。

それから、私のほうからちょっとお願いは、この補修のやり方というのが、FRPだと、私の経験でいうと、いわゆるプロシージャの一つ一つをきちっと確立しておかないと、抜けたときに、プロセスのどこかが抜けるとトラブルにすぐいつながるというのを経験していますので、マニュアル等を作成するときにそういうところをきちっとプロセスごとに、どのようにやって、それで例えば材料の選定からそのプレパレーションから細かく整備

していただきたいと思います。よろしく申し上げます。

○エコ・パワー（蔵野） わかりました。ありがとうございます。

○勝呂座長 ほかによろしいですか。

そうしたら、今ので説明を終わることにしたいと思います。どうもありがとうございます。

次に、資料1－5、南大隅ウィンドファーム事故、根占の7号機タワー損傷についてということで、電源開発さんのほうから説明をお願いします。

○電源開発（本庄） 電源開発の本庄からご説明したいと思います。

根占の7号機のタワー損傷につきましては、前回のワーキングで速報をお伝えしましたが、今回、第2報ということでございます。第2報といいましても、まだ座屈のメカニズムの確認には至っておりませんで、まだまだ中間報告ということになっておるかと思えます。きょうのところは、現状こういったところがわかってきましたと、今後はこういう予定で進んでいきますというお話をさせていただきたいと思っております。

資料で、0のところ全体に全体の検討状況をばっと書いてありますが、簡単に個別に説明していきたいと思えます。損傷形状の確認ということで、これは型取りゲージのほうをしましてタワーの内部からこの変形の大きさを測定いたしました。内側のほうに5.3ミリほど膨らんだ形で、角度が100° ぐらいの範囲にて変形していたということでございます。

その次、2番目といたしまして、この損傷が進行しているかどうかという確認でございますが、6月11日から、この傷の部分に変位計を4つつけました。4つは、傷の両側に水平方向、内側に出っ張ってくる変位をはかるセンサーをつけてございます。変位の大きいところ、中央部につきましては、内側に出っ張ってくる水平方向のセンサーと、あと垂直の変位をはかるセンサー、合計4つつけて、内側から変位を確認しているところでございます。

その状況がその次のページに書いてございますが、17日までの結果を書いてございます。結果としましては、このセンサーが0.03ミリぐらいの誤差をもつセンサーでございまして、その誤差を考えると、ほとんど変位してないような状況になってございます。マグネットでタワーの内部に張りつけている関係もございまして、マグネットのずれでところどころ動いているところがありますが、変位自体は余り変わっていないということで、もう少しとってみないとわからないですが、1週間程度とった範囲ではそれほど急速に変位が拡大しているものではないということがわかりました。

それからその次、設計資料の確認ということで、これはタワーの建築確認のときの資料を確認してございます。タワー設計の支配荷重は暴風雨時荷重ということで、基準風速 $V_0$ が40メートルで設計されてございました。

それから、製造時の記録ということで、これは中国の工場で製造されたタワーでございますが、このときのミルシートなどを確認して、成績上は異常は確認されてございませんでした。ただ、成績書での確認ということで、実際は実寸をして今後内容をチェックしていくことになるかと思っております。

それから、建設時の記録ということで、この根占発電所のタワーは溶接部に溶接不良が発見されて、現地で全数補修を受けてございます。そのときに、溶接の補修後の記録ということで、補修後に溶接部には傷がなかった、真円度は許容値の範囲であった、それから、補修の前後で真円度に変化がなかったというような記録を確認しております。

それから、風況でございます。過去、運転開始後2014年6月まで、根占7号機のナセル風速計の10分平均の風速を分析してございます。それほど平均風速も大きくなく、また最大風速も2006年に33メートルという風の記録がございましたが、それほど設計風速に近いような風は受けてないということで、風速計のデータを集めたところからは、極値風や平常の風がタワー損傷の原因になった可能性は低いのではないかと考えております。

それから、運転のログも一部分析しております、カットアウトやエマージェンシーが多いといろいろとタワーに負担かかるということもございまして、ちょっとデータをみてございます。2009年以降、丸紅さんから当社に譲渡されておりますので、そのデータを少しみたところでございます。カットアウト、それほどたくさんは発生していないところでございます。エマージェンシーもそれなりに発生していますが、これがタワーに与える影響につきましては今後検討したいと思っております。

それから、メンテナンスでございます。メンテナンスは、年2回の定期点検を受けてございます。それから、先ほども申しましたように、こちらの風車は建設時に溶接部の補修を受けていますが、近年、溶接部の発錆が目立つので、昨年10月に根占の4号機で試験的に下2つのタワーの溶接部の非破壊検査をしてございます。そのときに、錆が目立つ部分、37カ所を点検しまして、5カ所に小さな傷が確認されております。今後、これをどう補修しようかというようなことを検討していたところでございました。

それから、タワーの強度の推定ということで、現状の傷のある状態でタワーがどれぐらいの強度を有しているのかということで、これは現在メーカーさんのほうで解析していた

だいております。

それから、タワーの実寸の計測でございます。これはメーカーさんともう一社でタワー計測を検討してございます。真円度、鉛直度を計測するということと、損傷部分については探傷検査、傾斜角度検査、肉厚測定を実施するというようなことを考えてございます。

内部のほうは計測できるのですが、外部のところの計測につきましては、ナセルフレームをクレーンで保持しながら安全確保して計測したいと考えておりまして、そうしますと、タワーの回転前に計測することになるのかなあと考えております。

それから、タワーの解体でございます。なるべく早く解体したいということで、メーカーさんとも解体計画を検討しているところでございますが、一番のネックになっているところがナセルを吊るための治具でございまして、これが以前使ったものがIHIさんの福島原発の近くの倉庫に入っているということで、これの持ち出しができない状況になってございまして、これを再度手配しなければいけないということで、ここがネックになって工程が決まりそうでございます。今、できるだけ早く治具を手配するようなことで検討してございまして、7月末目標に解体を進めていこうということで準備を進めております。もし治具のほうが早く入りましたら、なるべく前倒しして解体を進めたいと思っておりますが、現在は7月末目標ということでございます。

こういったところで、余りまだ原因がわかっていないところでございますが、7月の下旬ぐらいに、タワーの内部からの実寸測定ができると思っております。7月の末ごろにはそちらの報告はさせていただけるのかなあと。それから、7月末に解体すれば、7月、8月にタワーの損傷部分を切り出して、ここの検査ができると思っております。そうしますと、8月の末ごろにはそちらの報告もできるのかなあと考えておりまして、少し長期戦になりそうところがみえてきましたが、わかり次第、適宜報告させていただきたいと思っております。よろしくお願いいたします。

○勝呂座長　ありがとうございます。何かご質問、ご意見ありませんか。

ちょっと私のほうから2～3いいですか。まず、周方向と割れの座屈の方向と特別な関係はないのですか。

○電源開発（本庄）　ぴったりは一致してないですね。座屈、損傷は南の方向ですから、周方向とも少し違う。

○勝呂座長　もう一つは、応力分布を考えたりすると、この座屈の位置というのはここではなくてもうちょっと下のほうで普通は起きるのではないかというあれがあるのだけれ

ども、ここの上で起きたということですので、何でしょうということだけれども、応力分布からいうと、この辺で起きておかしくないのですか。

○電源開発（本庄）　　いいえ、それもまだわかってなくて、今、メーカーさんのほうで、この座屈の現象の再現の解析を進めていただいておりますが、とりあえずそのままではこういう傷がつかないので、この部分の肉厚を少し薄くするとかいうようなことで、そうした場合にこのようなしわが発生するのかどうかというような検討をしていただいております。

ただ、そうして肉厚を薄くして、こういったところに座屈を起こしやすいような状況で計算すると、解析の結果だと、その座屈が出っ張る方向に座屈するような形になっておりまして、これは以前、シーテックさんが2分の1タワーで引っ張り試験で座屈を実際にさせたときの試験記録をみても、出っ張り方向の座屈になったと聞いております。ここの根占のようにへこむ側の座屈というのがちょっとまだ解析上は再現できてないところでございまして、ここにつきましては、やはり材料を切り取って、この部分の傷とか強度とかを分析してから、それをまた見込んで解析に取り込んでいくということをしなればいけないのかなという感じがしております。

○勝呂座長　　ありがとうございます。

それからもう一点ですけれども、座屈が起きるといのは、不安定になるから、普通だとぼったんと倒れるのではないかという気がするのだけれども、逆にいうと、ここでとまわっていて一番強固になっているのではないかなと。今ちょっとストレスがたまっているところはリリースされてね。そうすると、さっきの説明の中でいうと、溶接作業、結構していますよね。溶接作業していて、熱が相当入っているということですので、残留応力なんか相当入っていて、例えばショートンとかそういうのは、現場で周りだけ少し温めてヒーターでやるとかなんかというのはされてないのですね。そういう工事をやったときに。

○電源開発（本庄）　　我々も、溶接の補修の関係をまず疑ったのですが、通常の補修方法であれば、50センチ離れていれば、溶接のときの残留応力が残るような可能性はないのかなというような意見も頂戴しておりまして、おろしてみないとちょっとわからないのかなあと考えております。

○勝呂座長　　ありがとうございます。ほかにないですか。

○石原委員　　これは座屈ですから、圧縮によって発生するので、中に凹んでもおかしくないと理解していますが、メーカーの計算では外に膨らむということですか？

○電源開発（本庄） これも I H I さんの研究所のほうでもらっておりまして、分析条件、詳しい話はちょっと聞いてなくて、ただ外にという話しか聞いてない状況でございます。その辺につきましてはまたちょっと詳細に状況を確認したいと思っています。

○石原委員 初期不整や外力はどのように与えているかによって、中に凹んでも、外でもいいですけども、実際の結果が中に凹んでいるのですから、まずこの現象を再現するという必要かなというのが1点。

もう一つは、材料を調べて変だというのが出ればいいのですけれども、出なかった場合は、やはり外力を考える必要がありますね。何らかの外力が発生しないと座屈がどうして発生したのという話になりますので、急停止などをいろいろ調べて頂きたい。10分間データ、今確認しているのは少し気になります。例えば、突風とか、あるいは何らかの過回転とか制御上の問題がないか。過去に過回転によって風車倒れたとき、座屈しました。そういった瞬間的なデータ、加速度データとか、回転数とか、そういったデータがありませんか？何をとっているかよくわからないのですけれども、もうちょっとそういった瞬間データをみておいたほうがいいのではないかなと思っています。急停止だけでなく、風車がとまった時のデータをもう少し分析したほうがいいかなと思っています。

○勝呂座長 今のにちょっと関連して、 $V_0$ が40メートルで基準風速と書いていますね。それで、極値風が、風車は50メートルだけれども、タワーは40メートルと書いていますね。 $V_0$ が40メートルだと、設計風速がもう少し高くないとおかしいのではないかなという気がちょっとして、何で40メートルを選定しているのか。

○石原委員 40メートルは基本風速なので。

○電源開発（本庄）  $V_0$ の値としては40メートルですけども。

○石原委員 地表面10メートルの高さ。

○勝呂座長 いや、それはそうでしょう。右の何ページかのところに、極値風速は設計風速（風車50m/s、タワー40m/s）と書いてあるので、こんなに低いのかなあとちょっと思ったのですよ。

○電源開発（本庄） 当然、タワーの設計をしたときには高さ方向の割増も検討されていますので、ただ、 $V_0$ という言い方だと40になるということでもございまして。

○勝呂座長 左というか、3のところの基準風速は $V_0$ 40m/sですと書いてありますよね。それで、6の下の右のところに極値風速は設計風速（風車50m/s、タワー40m/s）と書いてあるので、なんかわかりにくいのですよ。だから、逆にいうと、極値風は幾らになってい

るかというのを示していただいたほうが、それで今までの風はすごい低いのですよとかいう形をちょっと示さないと、これだと、例えば1.何倍、1.4倍だったか、単純にしてもあれではないとか、そういう形になるのではないかと思ってちょっと気になったのですね。

○電源開発（本庄） わかりました。きちんと極値風ということで資料はまた修正したいと思います。

○勝呂座長 お願いします。ほかによろしいですか。

そうしたら、どうも説明ありがとうございました。

引き続きまして、資料1－6の同じ南大隅のファームの根占の4号のナセルカバー脱落についてということで、電源開発さんからあわせて説明をお願いします。

○電源開発（本庄） 引き続き、4号のナセルカバーの脱落を報告させていただきます。

実はこの風車、平成16年、17年に、同じように、ナセルカバーの脱落の不具合がございまして、そのときにいろいろと対策がとられていたのですが、ちょっと今回、その対策実施に不備がありまして、再びナセルカバーの脱落になったような事象でございます。

では説明させていただきますと、今回、4号の風車でナセルカバーが脱落して、150メートルほど飛んだところに落ちたということです。脱落の状況を写真で載せてございますが、左の上の写真はカバーが外れたところの写真でございまして、その隣には一応カバーのついたものを比較用ということで並べて載せております。真ん中の段、落ちたカバーで、左側が落ちたところで写真を撮ったもの、それから右は、それを事務所のほうに持ち帰りまして、ひっくり返して撮ったものということでございます。

それから、下の段はそれぞれナセルを写したものでございますが、左側がナセルのおしりのほうから前のほうをみたところでございますが、このFRPの剥離部分が大きく白っぽく出ているかと思えます。前のほうにはまだFRPが形として残っております。このナセルは、ヒンジというところが前と後ろ2カ所ございまして、このヒンジを中心にナセルのふたがあくような構造になってございました。

前のほうからみた写真が右に載っておりますが、手前に増速機がありまして、後ろのほうのFRPの外れたようなところが見て取れるかと思えます。一番後ろ、これはラジエーターがついているカバーになってございまして、このカバーと開閉するところのカバーのすき間から風が吹き込んだのではないかと考えております。

この脱落のときでございますが、7号の座屈に関連いたしまして、タワーは全台、発電を中止しておりました。最初はヨー制御を動かして、風向に応じてナセルの向きを追従さ

せていたのですが、その後、ヨーのブレーキの装置に不具合が発生しました。ヨーのブレーキがかからない状態でヨーを動かしますと、ヨーのドライブに乱流のショックなどが直接かかるものですから、その時点でヨーの制御も、5月27日からとめておりました。

次のページの写真が健全機のナセルカバーの内部の写真ということで、これはナセルカバーが開くところをみていただこうと思って、少し開いた状態で写真を撮ったものでございます。

それから、先ほど申しましたカバーのすき間ということで、5センチ程度のすき間が空いているところの写真も撮っております。

この南大隅のウィンドファームですが、2005年に台風14号で被害を受けていますが、実は2004年にも同じように台風で被害を受けております。そのときには台風で停電して、やはりヨーが動かない状態で、後ろから風を受けたときにカバーが外れるということでございまして、このときにはどこから吹き込んだかといいますと、ラッシングベルト装着状況という写真を見ると、ナセルのおしりのちょっと下のほうに丸いのがついていますが、これがナセルの換気ファンで、この換気ファンが外れて、そこから風が入る、あるいはナセルの下のカバーのすき間のボルトが緩んで、そこから風が吹き込んで、ナセルカバーが外れるという事故を起こしてございました。

このときの対策で、台風ときには予備のディーゼルで電源を確保して、常に風を前から受けるようにして、それから、台風シーズンにはベルトを巻くというような対策をとっておりました。ここにラッシングベルトと書いていますが、ラッシングベルトというのは運送時に搬送物を固定するための幅広のポリエステル製なんかでつくってあるベルトでして、固定用のバックルがついたものでございます。これを2本巻いて対策ということにしてございました。

今回のカバーの脱落要因なのですが、クラスⅠということで、風速50メートルに耐えられるということになっておりますが、その風と比べると随分低い風でございまして、先ほど申しましたように、ヨーをとめておりました関係で、前線通過時に25メートルぐらいの風が後ろから吹き込んだということでございます。

右側の上のほうにナセルのカバーの漫画を書いてございますが、後ろのほうのFRPが全部はがれて、フレームからFRPが外れた状態になっておりまして、前のほうはフレームにFRPがついているのですが、その手前で引きちぎられているということでございます。

こういう形状、あと過去のトラブルの状況などを考えまして、脱落のメカニズムを推定したのがその下の絵で、通常、ヨーが動作していれば前から風を受けるのですが、台風などのときには、ベルトを巻いて、万が一後ろから風を受けてもカバーが外れない対策をしていたということです。

それが、今回なのですが、次のページでございまして、ベルトをしてなかった。また定期的に台風が来ない。現場では台風というキーワードとくくりつけて、台風、ディーゼル、ベルトというようなセットで対策をとるようなことになっておりまして、今回は台風ではないからということで、ベルトも巻かなかったということでございます。そうしたときに、後ろから風を受けたということでございます。

前回、2005年に風が吹き込んできた換気ファンとかすき間のところについては、今回はそのときの再発防止対策が効いておりまして、そこから風が入ってきた痕跡がないのですが、残る風が入り込むところといいますとこのすき間のところしかないということで、このすき間のところに風が入って、少しすき間が広がるとさらに大きな力を受けるというようなことで、そこで、すき間がだんだんと開いてくるようなことになりまして、FRPがはがれて、最後、上カバーが飛んでいったのではないかと推測してございます。

原因と再発防止ということで、今回この5センチのすき間から吹き込んで、これが吹き込めばすき間が広がるような構造になっていたと。ヨーをとめていた、ベルトも巻いていなかったということです。

こういったことが重なってカバー脱落に至ったと思っております。応急的な対策としては、ヨーを長期間停止するときには、台風と関係なく、ベルトを巻くというような対策をとりたいと思っております。ただ、この風車がベルトを巻かない状態でどれぐらい風に耐えられるかというところにつきましてはきちんと計算しなければいけないのかなと思っております。別途検討したいと思っております。

それから、最後にベルトの強度について説明しております。4万ニュートンという強度のもので、それが十分であるかどうか、どれぐらいの力がここに加わるのか計算も難しかったので、仮に上カバーが垂直に立ち上がってしまっただけで前面で風を受けたときに、そのときの風荷重とラッシングベルトの破断の圧力と比べまして、ベルトのほうが強いからまあいいのかなという計算をしてございますが、風荷重につきましては、風圧なんかも検討しなければいけないので全然正確ではないのですが、一応参考で、これぐらいの強度のものはもっているということでございます。

ただ、これが、銘板でわかりますように、2003年製の古いベルトでございまして、これにつきましては全台新品にとりかえて、ベルトを巻き次第、現在、根占の風車、座屈の関係で全台とめておりますが、佐多も全台停止してございます。ベルトを新品にかえましたら順次運転再開させていただきたいと考えております。

恒久対策なのですが、前回も換気板のすき間から、今回もこのカバーのすき間から風が入ってきているということで、どうもすき間を塞ぐような手立てが有効ではないかと考えております。ヨーロッパでも、こういったNORDEX製の風車のナセルカバーが外れた事例があったやに聞いてございまして、ヨーロッパでの対応方法なども含めて、ベルトを巻く以外の対策を立案したいと思っております。

以上です。

○勝呂座長　ありがとうございます。今の説明について、ご意見、それからご質問等ありましたらお願いします。

○石原委員　まずコメントですが、ベルトをちゃんとやって、今まで台風の時にも壊れてないので、耐力的にはこの方法でいいのですが、1点注意しなければいけないのは、このIECのクラスIの風速50メートルで設計されているからといって、ナセルカバー、問題ないということになりません。というのは、GL認証で使われている式が外装材の設計として過小評価しています。問題あるということを既に指摘していますし、過去にもいろいろとナセルの破損事故が発生したことがありまして、台風の時、必ずしも50メートルを超えているから壊れたのではなくて、50メートルを超えてなくても壊れていることはたくさんあるので、今回はこういった、ちゃんと巻いてすき間を押さえるという形であればかなり効果的というのはわかっていますが、恒久的な対策をやる時はちゃんと設計したほうがいいと思います。

○勝呂座長　ありがとうございます。よろしく申し上げます。

○電源開発（本庄）　今回、都合3回目ということなので、しっかり恒久対策を立案したいと思っております。

○勝呂座長　何でこのベルト、ずうっと年中巻かないで、台風の時だけ巻くというのにしているのですか。

○電源開発（本庄）　ベルト巻いた状態ですと、巡視ぐらいはできるのですけれども、ホイストを使って何かものをあげようと思ったりすると、カバーをあけないとホイストが使えないということで、カバーがあけられるときにはあけたいなど。以前は、ベルトを巻

くのもクレーンを呼んできて巻いていたらしいのですけれども、今、杓杓さんが、人が登って巻けるようなやり方を考えていただきまして、それで、クレーンを呼ばずに巻けるようにはなったということでございます。

○石原委員 設計に関しても、さっき申し上げたように、今のGLの認証というのは非常に大きな問題ありまして、特に風向です。昔の風車が前から制御されているのを前提にしてやっているのですが、今のIECが360°全部考えるので、ナセルカバーに関しては今度設計し直すときには、やはり建物の屋根や外装材と同じようにきちんと設計しないと、また同じように壊れます。

○勝呂座長 よろしく申し上げます。

○電源開発（本庄） どうもありがとうございました。

○勝呂座長 ほかによろしいですか。

そうしたら次に行きたいと思います。どうもありがとうございました。

それでは、次に、資料2-1-1、2-1-2の説明を事務局からお願いします。

○飯田補佐 それでは、事務局のほうから、資料2-1-1、2-1-2を使いまして、落雷事故を踏まえた今後の再発防止対策等について、中間報告書の（案）を用意させていただきましたので、ご説明させていただきます。

まず、落雷に起因する事故については、まだ現在も審議いただいている事案があるところでございますが、幾つかの落雷による事故については、その対策も含めた内容について審議がとりまとまってきているところもございますので、ここで一度中間報告という形でとりまとめればと思っております。

まず、1ページの「はじめに」のところでございます。少しかいつまんでご紹介していきたいと思っております。昨年、3件の風車落下事故が発生したということでございますが、その後も、ブレードの脱落・飛散、あるいは火災事故といった、特に冬季雷による事故が複数発生しているということで、幸いに人的被害には至っていないのですけれども、周辺の道路や建物にブレードが飛散するといったような、一般公衆に影響を及ぼす事象が発生しているということでございます。

落雷は自然現象でございますが、科学的に十分解明されていないところではございますが、やはりこうした同種の事故が発生するおそれを踏まえまして、公共の安全の確保の観点から、可能な限り事故リスクを低減させるということは極めて重要であるというところをまず「はじめに」ということで記載してございます。

それから、Ⅱとしまして各落雷事故の扱いのところでございます。こちらについては、第2回、あるいは今回の審議を経てとりまとめという形になっております個別事故の原因、あるいは再発防止対策をそのまま記載しているところでございます。1. があわら北潟風力発電所及びジェイパワーひびきでの事故、それから3ページに2. として国見岳風力発電所及び輪島風力発電所での事故、続きまして、6ページに3. としてオロロン風力発電所での事故、7ページに4. として追分ソーラン風力発電所の事故、これらの事故について、今回を含めご報告いただいた資料の中での関係部分の記載をそのまま抜粋する形で記載させていただいております。

それから、Ⅲの「今後の再発防止対策等について」でございます。まず、1. 「他の事業者における同種の事故の発生の可能性」ですが、9ページの上のほうに、これまでの落雷によるブレードの破損事故の件数の推移を記載させていただいております。これも、第1回、あるいは第2回の際に事務局からご報告させていただいたデータをそのまま使わせていただいておりますが、こういったデータをみましても、落雷によるブレードの破損事故が毎年数件程度発生しているということでございます。

9ページの中ほどから下の(2)の「雷対策状況アンケート結果」でございます。こちら、第1回、第2回の際に事務局からご報告させていただいているものですが、昨年、こうした事故が発生したことを踏まえまして、私ども事務局から、各全国の風力発電事業者に対して、こういった落雷対策の実施状況や立地の周辺環境について調査した結果をまとめたものでございます。

内容については、前々回なりでご報告させていただいておりますので割愛させていただきます。

それから12ページの(3)、「風力発電業界としての取り組み」を紹介する部分でございます。こちら、第1回のワーキンググループにおきまして、一般社団法人日本風力発電協会様から、業界全体として落雷対策に自主的に取り組むという方針を骨子としてご提案いただいております。

改めまして、こういった提案内容につきましては、今般発生した落雷事故も含めまして、効果的な内容として評価できることであるとともに、自主保安の促進の観点から、大変有意義であるということを表示させていただいております。13ページの上のところでは、こうした対策につきましては、業界全体として、その内容の具体化及び実効性の確実な確保に向けまして引き続き一層自主的に取り組むことが強く期待されるということによって表現さ

せていただいております。

それから15ページ、2.「今後の具体的な再発防止対策等」ということで、先ほどありました上記1、他の事業者における同種の事故の発生の可能性といった状況を踏まえまして、国としての今後の具体的な再発防止対策等につきましては以下のとおりということで整理させていただいております。

(1)「現在の落雷対策」でございます。こちらは第1回から第3回に至るまで、要所要所でご紹介している内容でございますが、①の電事法における公共の安全確保の基本的考え方ということで、公共の安全を確保することは、つまり、人体に被害を及ぼし、または物件に損傷を与えないというところを踏まえた技術基準への適合を維持する義務が課されており、落雷事故に対しての基本的考え方もこの観点で極めて重要というところでございます。

それから、②の「発電用風力設備に関する技術基準」ということで、まさに人体に危害を及ぼし、または物件に損傷を与えないということを念頭に置いた技術基準がこちらになるのですけれども、書いておりますとおり、取扱者以外の者にみやすい箇所に風車が危険である旨を表示することとか、雷撃から風車を保護するような措置を講じることが規定されております。また、そうした講じる措置の内容について、技術基準の解釈というものも別途ありまして、その中で、レセプターの風車への取付け及び雷撃によって生ずる電流を風車に損傷を与えることなく安全に地中に流すことができる引下げ導体等を施設することと規定しており、これが現在の落雷対策ということでございました。

(2)「今後の落雷対策」、①の「考え方」でございます。昨年度の冬季に発生した落雷による事故を踏まえましても、次の16ページでございますが、人体に危害を及ぼし、または物体に損傷を与えないよう、可能な限り、事故発生リスクを低減する対策を講じることが、これまでと同様、基本的な考え方の大前提であると思っておりますし、さらには、「このため」のところでございますが、実際の設備が立地している状況、住宅とか公道等の一般公衆の近接状況、あるいは電荷量の多寡や落雷の頻度といった落雷発生状況及びこれらを踏まえた設備・運用対策、これまでの事故・トラブル発生状況、いろいろな状況があると思っておりますけれども、そうした落雷による事故発生リスクの重大性を組み合わせにより評価し、適切な設備や運用上の対策、その効果を十分考慮した上で、設備設置後も含めてサイトごとに最適な対策を講じることが必要となる。

②で、そうした考え方を踏まえた上で、「具体的な再発防止対策等」を記載させていただ

だいております。こちらについては、別途お手元に用意いただいております資料2-1-2に、表形式にして少し見やすく整理させていただいております。こちらも見ながらご確認いただければと思っております。

本文のほうで説明させていただきます。16ページの②の1)「設備対策」のア)「耐雷設計の見直しと適切な補強対策」でございます。25年度冬季に複数の冬季雷による事故が発生しているということに対して、いろいろな原因、対策を各事業者の報告の中でまとめていただいているというところを踏まえた部分でございます。

まず、レセプター等の脱落・飛散、火災の発生は、公共の安全の確保の観点から厳に予防すべき事象であるということで、こういった設備の立地状況、それから電荷量の多寡などの落雷発生状況等を踏まえた上で適切な対策を講じることが必要であるということで、「このため」のところは、今回発生した事故に対し事業者が取り組まれる対策の主な内容を列挙しております。レセプターの脱落防止対策の強化であるとか、チップブレーキ制御用ワイヤーと耐雷用引下げ導体の分離、あるいは各設備との接続部といったところの必要な耐雷補強対策、あるいは火災対応としての圧油装置等の可燃物の雷通過ルートからの隔離や絶縁化といった対策は、同種の事故発生を予防する有効な対策であると考えられるということで、必要となる耐雷容量や電氣的・機械的強度等を考慮して、風車メーカーと十分に連携していただいた上で、サイトごとに当該設備の立地状況等を踏まえ、耐雷設計の見直しを検討するとともに、適切な補強対策に取り組むことが必要である。

次のページのなお書きのところでございますが、補強対策に取り組んでいただくことになっても、そうした追加の対策が当初の設計を変更することになる場合は、それが他の事故の発生原因にならないように十分考慮いただくことが必要だと思っております。

それから、イ)「雷撃検出装置の設置並びに落雷時の運転停止及び速やかな点検実施」ということで、下線のところ、「このため」から書いてございますが、直撃雷を受けた時点で直ちにブレードなりが脱落・飛散ということではなくて、その直撃雷を受けた状態で破損した状態がさらに運転状態を継続するというので徐々に破損状態が拡大して、最終的に脱落・飛散につながっているということでございますので、やはり直撃雷後直ちに運転を停止するということは当該事故の発生予防に効果の高い対策であると考えられるということでございます。

また、現状においては、こういったブレードへの落雷が発生しても、そうした情報を直ちに把握することができないということだと、直ちに運転停止することや、あるいは一

般公衆の方に対する接近防止措置を速やかに講じることなど、安全措置の実施といった取り組みをするためのそもそもの基礎的な情報を把握することができない、難しいということでございますので、「このため」のところでございますが、公共の安全の確保の観点から、当該設備の立地状況や電荷量の多寡などを踏まえた落雷発生状況を踏まえた上で、原則雷撃検出装置を各発電用風力設備に設置するとともに、直撃雷検出時に運転を直ちに停止し、落雷による異常の発生状況及び健全性の確認等、速やかに安全点検の実施を講じるべきであるということでございます。

あと、速やかな安全点検の実施が必要だと思いますが、公共の安全確保が図られる範囲で、そうした冬季時のアクセス性を考慮することも必要と考えられるということでございます。

それからウ)「発電用風力設備の技術基準の解釈の見直し」ということで、電事法第48条第1項の規定に基づく工事計画届出の際に、その内容が技術基準に適合しているかについての審査を各産業保安監督部が行っているのですが、その際の審査の運用上、審査マニュアルというものを別途私ども整備しておりますが、その中では、雷対策重点地域に対しては600クーロン以上の電荷量を想定していただいて、複数のレセプターやブレード先端部のレセプター等保護効果の高いレセプター及び引下げ導体の施設等を求めているのですが、こうした運用について、一層確実に実効性を確保することも今回の事故を踏まえて取り組んでいくべきではなかろうかということ。

それから、18ページでございますが、さらに、先ほどありました耐雷設計の見直しであるとか、あるいは雷撃検出装置の設置の実効性の確保の観点も踏まえる必要があるということ、「このため」のところでございますが、技術基準の解釈において、「雷撃から風車を保護するような措置」の扱いにおいて、雷対策重点地域においては、600クーロン以上の電荷量を想定したレセプター及び引下げ導体（各施設との接続部を含む）の施設、雷撃から風車を保護する効果が高く、かつ容易に脱落しないレセプターの施設、雷撃検出装置の施設等を明記するということ。

また、そうした要求事項に対しまして、工事計画の届出の際に、整備しております審査マニュアルを改訂しまして、そうしたものを使いながら監督部においてきちんと確認していくということの実効性を担保することが必要ではないかということでございます。

それから、2)「運用対策」のア)「耐雷機能の定期的な安全点検の確実な実施」ということで、今回の事故で明らかになりました、複数回の落雷などでブレードの損傷が進展す

る、あるいは引下げ導体の接続部の断線による導通不良の発生ということで耐雷機能が低下・喪失し、破損につながっているということでございますので、やはり重大事故につながる前に、落雷によるブレード損傷の状況等を詳細に把握し、適切な修理を早期に行うことや、レセプター及び引下げ導体の導通試験の実施等、耐雷機能の健全性の維持状況を確認するための定期的な安全点検の確実な実施が、重大事項を未然に防止するために極めて重要と考えてございます。

あと、こうした扱いを、下の下線のところでございますが、保安点検等の扱いにつきまして、通常時及び異常時における保安規程に係る取組として、具体的な点検ルールを明確化し、自主的に取り組んでいくことが必要ではなかろうかということでございます。

それから、19ページ、イ)「雷接近時の運転停止又は運転調整」ですが、上記1)の設備対策、それから、先ほどの安全点検の確実な実施ということを十分講じれば、落雷事故の発生を一定程度未然に防ぐことが期待されるところでございますが、それでも事故が起きるということは否定できないところがあるかと思っております。

こうした既設設備におきましては、上記1)の「設備対策」及びア)が、そもそも既設設備でございますので、技術的、あるいは時間的に講じ得ないところもあるかと思えます。そうした場合は、こういった設備の立地条件などを踏まえた上で、雷が接近するとき、事前に風車を停止するとか、あるいは脱落・飛散した場合に想定されるブレードの飛散距離を想定しまして、その距離の範囲内に人がいるところまで飛ばないように運転調整をするとか、そうした事故時のブレード飛散範囲を低減させる取組も、公共の安全確保の観点から取り得る対策ではないかということ。

あとは、設備対策などの効果を踏まえた上で、同じように、事前にとめるといったことも考えられるのではないかということ。ただ、別途報告がありましたけれども、冬季雷の予報精度に不確実性があるということにも留意が必要だということでございます。

それからウ)「取扱者以外の者に対する注意喚起の強化」ということで、これは風車落下事故に対する中間報告にも記載されているところですが、改めまして、落雷事故を念頭に置きましても、こういった厳しい気象状況が見込まれるときには、事故が発生する危険性につきまして注意喚起を強化することも重要だろうと思っております。

それから3)「その他の対策」、ア)「事故情報の共有による自主保安の促進」ということで、電気関係報告規則に基づく事故報告が義務づけられていますが、現在、風力発電業界において、前回ワーキングでご報告いただきましたような取組も非常に意義があると思

いますし、国としても、こうした事故報告が提出されたときに、必要なタイミングでその内容を公表することも必要な対策ではなかろうかということも改めて位置づけております。

それから、イ)「落雷対策に係る調査研究の促進」ということで、一層のリスク低減対策に係る調査研究、これまでもNEDO、あるいは電中研、電気学会で調査研究されてきていると思いますが、今後も一層こうした取組を行っていただくことが期待されるというところでございます。

最後に「今後の課題」でございまして、こうした事故が発生しておりまして、人身事故に至っておりませんが、事故発生リスクをきちんと踏まえ、常に事業者におきましては最新の知見を踏まえた上で適切な対策を不断に見直し実施する等、可能な限り落雷による事故発生リスクを低減することが必要であるということ。

それから、風力発電業界におきましては、引き続き高い危機意識をもちまして、こうした事故の発生を予防すべく一層の安全確保に向けた実効性を有する自主的かつ具体的な取組の策定及び確実な実施が期待されるということでもありますし、あと国においても、こうした内容を踏まえつつ、既設設備の事業者に対しまして、落雷事故に対する再発防止対策等の取組を要請するという、また、事業者の対策の取組状況を適時確認し、適切な指導・監督、それから、事故が起きた場合には、厳格かつ適切な指導・監督によって事業者においてこういった落雷対策がきちんと実施されることを担保していくことが必要であろうというところで閉じさせていただいております。

それから22ページのところでございまして、先ほど技術基準の解釈の見直しというところがございまして、具体的にどう見直していくかというところを新旧対照表で表現させていただいております。右側が現行規定で、左側が改正案でございまして、具体的に、イ、ロ、ハとして、冬季雷が発生する地域、夏季雷が発生する地域で年間落雷日数が25日以上、あるいは25日未満というところで分けさせていただいております、特にイのところは600クーロン以上ということをも明記するということであるとか、保護効果が高い、かつ容易に脱落しないレセプターの取付けであるとか、安全に地中に流すことができる引下げ導体、雷撃検出時に直ちに停止ができる装置等を施設することなどを明記させていただいております。

長くなりましたが、以上でございまして。

○勝呂座長 ありがとうございます。

それでは、質疑に入る前に、横山オブザーバーのほうから資料をいただいておりますの

で、資料2-2-1と2-2-2の説明を横山さんからお願いします。

○横山オブザーバー 2-2-1は、今、飯田課長の説明されたことについてのコメントで、特別なことを書いてないので、2-2-2の資料をちょっと説明させていただきます。

この10年ぐらい、NEDOさんとかいろんなところで風力発電設備の雷害の検討をしているのですが、冬季雷の話については電力業界でもう30年以上前から非常に力を入れて研究しているのです。ただ、その成果というのは風車の雷害対策に完全な形で生かされてないし、その期間ずうっと携わった人間はほとんどいなくなっている。それで、一応正しくは伝えておいたほうがいいということです。電流の波形についてはすでに話していると思うので、きょうは、今話題になっております、雷が近づいたときに風車をとめるかどうかというようなことに関しての話をさせていただきます。

1番目として、雷の接近を予知して、あらかじめ風車の回転をとめるということと、2番目に当該風車への雷撃を検知して即時に風車の回転をとめるという2つのことが被害の拡大を防ぐということで考えられているのですが、まず最初の雷の接近を予知して、あらかじめ風車の回転をとめる話をいたします。これは明らかに捕捉率と空振り率ということを考えなければなりません。そういうことをやるとほとんど冬の1カ月半ぐらいとまるということになるかもしれません。今までの研究のことから話しますと、冬季の雷の接近を予知しようという効率的な手法はまだ確立されていません。

これは夏季とは違います。夏季のレーダーによる観測は関東地方ではかなり効果がありまして、電力会社の実績からいっても、レーダーである高さの雷雲、例えば6キロとか8キロのやつを検知すれば、風向きの大まか決まっているところでは20分ぐらいで雷活動が来るというのはわかっています。そういうことは冬の雷とは違いますよということです。

それで、あらかじめとめる予知の方法としては、(2)の①対象地点での静電界を使用する方法ですね。これも我々、30年前からかなりやっています。2番目、気象レーダー、3番目は落雷位置標定システム。これが一番皆さんなじみが多いと思いますけれども、どこかで落ちたものをみて、それがどのように動いてくるかということで予測する手法です。④は、雷放電カウンターです。

(3)の①対象地点での静電界ですが、これは初期のころの雷予知ということにすごく使っていました。ある方法で地上の静電界をはかるのです。それで、判定としては1万ボルトとか3万ボルトがいいとかいろいろあります。1万ボルトで設定すると、電力中央

研究所報告に示す例ですけれども、1998年12月から3月の79日間測定していると、1万ボルトを超える日は37日、ほぼ半分ぐらいあるので、仮にこれを適用したら停止期間がかなり長くなってしまいます。もちろん、1万ボルトを超えることが1回でもあったら1日中停止するのですかという話にはなるのですが、そう簡単に、1時間ぐらい低くなったからといってとめるわけにはいかないのです、これはかなり風車がとまる可能性が出てきます。

それから気象レーダーですけれども、北陸電力株式会社さんと電力中央研究所がかなり検討して、実際にやりました。私も10年ぐらいそれにつき合っており、冬季については報告はあります。電力中央研究所報告でも出ているし、北陸さんはもっと立派な報告書を出しています。北陸さんの報告書については、ものすごく努力した成果です。今、風車の雷害対策についてやっている努力のレベルではないのですね。はっきりいえば10倍以上やっています。

ただし、その結論は、一応もっともらしいことを書いてあるけれども、結局、冬季の雷予知というのはかなり空振り率を甘くしない限りは、捕捉率を例えば90%に高めるというのは現状では無理というのが大まかな結論です。私もずっとやっていますが、自分がやってきている中での経験も含めた結論です。

なぜ無理なのかというのは、雲が低いのですね。それで、山とか障害物があるとなかなか難しくできない。これは夏も同じなのです。夏は関東地方は、すごく検出率がいいですけれども、山が迫っている地域はめちゃめちゃいいわけではありません。

雷放電の予知が難しいのは冬季雷なのです。冬季雷というのは物すごく悪い条件がたくさんあるのですけれども、今まであまりはなさなかったのですが、実をいうと検知も物すごく難しいのが冬季雷です。これには水平に広がるとか書いていますが、山等の障害関係ですね。特に冬季雷地区というのは比較的山地が近くに集まっている場合が多いです。

2番目に、「雷の接近を予知して、あらかじめ風車の回転をとめる」方法ですけれども、現時点である程度確度高く「雷の接近を予知する方法」というのは残念ながらないのですが、③の落雷位置標定システムで、実際に落雷したところがあったとき、その距離と移動方向を考えて、対象風車での落雷の可能性を判定するというのが今のところ多分ベターだろうということです。

他の方法では、クライテリアを甘くして落雷の可能性を判定することが考えられますが、この場合は風車の停止時間が極端に増加します。静電界などについてはいろんなことを我

々やっておりますが、そんなに可能性があるとは結論されていないです。

(2) の上述の理由で、ブレードの回転をとめるのは、「当該風車への雷撃を検知して、即時に風車の回転をとめる」のが一般的に用いられる方法と私は考えています。もちろん、風車のアベイラビリティを気にする必要のない風車にまで勧めているわけではありません。宣伝用とか教育用のものであれば、前もってとめることも考えられますと。でも、この場合はわざわざ測定器を使わなくても、天気図とか天気予報の発雷の可能性でとめてもほとんど変わりませんから、わざわざ測定器を使うまでもないでしょうというのが私の見解です。

天気予報はある程度経験にたよっています。こういう天気のときたかこういう気圧配置のときにはある確率で雷は来るということですが、この確率はそのほかの方法でやったものとそんなに変わらないということです。

それから3番目の、今度は私が勧めている、風車への落雷があったときに確認してとめるという方法ですが、この場合の測定方法も何種類かあります。1つは、最初に事業者の方も話されていたように、ロゴウスキーコイルを塔体の外側につけてやるという方法があります。これは外側に取り付けますのでそんなに面倒はないですけれども、信号はそこで処理して、光ファイバーで送らないとちょっと厳しいかなという感じです。必ずしも光ファイバーでやる必要はないですけれども。

それから、事業者の方が話されていたのですけれども、コストは高くなりますけれども、波形の測定も可能です。現在もはかっていますので、それは可能です。今回、義務づけをしてやるというふうになると、どこか扱いやすいところにセンサをぺちゅとくっつけて、それで、雷電流があるかないかだけ調べておけばいいという方法が勧められます。

これについては、塔体の外側につけたときにどのぐらいの電流を検知するかというのは、実験とか、それから、今は過渡電磁界解析手法が使用できますからそれで大体の値はわかりますので、どれをクライテリアにすればいいかという問題は、研究機関などに研究してもらえばすぐ出るはずですよ。そんなに大変なことではないです。

そのようにやって、一律の基準を設けて、どのような形で設置して、どのぐらいのものが観測されたらとめるということを決めておくというのを、冬季雷のひどい地区で一律にやっておけばいいのではないかとというのが私の勧める方法です。

雷放電カウンターというのは、今まで電力の変電所とかで使っている方法で、それも磁界を検知してカウントするだけですけれども、雷電流があるレベルを超したら1だよとい

う判定方式という意味で説明しております。

それから、光学的測定はビデオですね。カメラは使えないと思いますので、ビデオを回しておいて、それで何か光の信号が入ったらそれをとめて、その時点で信号を出して、来たよということを判定するわけですね。

ただ、光学測定が問題あるのは、霧とか降雪で観測が不能になる可能性がある。

それから、4番目の数百メートル離れた場所での電磁界測定ですが、これはもちろん2キロぐらい離れていてもいいのですけれども、かなり強い電磁界が記録されたときそこら辺に落ちたのではないかということになります、ウィンドパークの場合には、どの風車に落ちたかということの判定はかなり難しいです。(3)と組み合わせてお互いの欠点を補うことができると思います。

4番目にはログウスキーコイルを設置して雷電流をピックアップする方法が有力なのですが、設置方法とか判定の感度を標準化しておくことが重要だろうということです。余り感度をよくすると、周辺の電磁ノイズとか当該風車以外の落雷で動作する可能性があります。

いずれにしても、先ほど話したように、高電圧実験とか過渡電磁界解析でどんなクライテリアにしておくかということは比較的簡単にわかると思います。

風車への雷撃の確認というのは、雷対策重点地区では、他に安全が確保できない場合には、レセプターが飛んだり羽根が飛んだりする可能性のあるところでは私は義務づけたほうがよいかもしれないと思います。多分そういう方向になってくるのではないかと思います。

5番目、冬季雷ですけれども、大きな電荷量を持つ雷が多いとか、数多くブレードに落ちてくるとか、非常に悪い性質をもっているのですが、実をいうと予知もすごく難しいですね。夏季よりずっと大変ですけれども、この問題では、きちんと人的な対応も含めて取り組みを強化すれば、解決できるのではないかというのが私の意見です。

とにかくここでいいたいのは従来、電力とか、気象関係もそうですけれども、そこが中心でやってきた研究成果が十分この風力発電の雷害対策に対してフィードバックされていない。それはおまえが悪いのだといわれればそのとおりかもしれないけれども、実際には人手がないのでそんなふうにはやれないのが現状です。ちょっと愚痴っていますけれども、それを私の報告とさせていただきます。

時間いただいてありがとうございました。

○勝呂座長　　どうもありがとうございました。そうしたら、今の横山さんのご説明と、それから、先ほど事務局のほうから説明がありました落雷に対する対応について、まとめでご意見、それからご質問があったらお願いします。

○石原委員　　今、先生おっしゃられたこと、非常に重要とあっていて、これは義務化したとき、やはり設置方法とか判定基準というのを明確化しないと、実際設置する人は困るというか、事業者さんは何やったらいいかわからなくなるので、義務化するときはそういう設置方法と基準をぜひ整備していただければと思います。

それに関連して、落雷対策に係る調査研究の促進というのがあります。これは実際に電力安全課、これからこういった研究開発はされると理解してよろしいですか。

○飯田補佐　　この調査研究の促進のところは、直接私ども電力安全課自ら行うということよりは、各関係機関での取り組みを期待したいというところを触れているという趣旨でご理解いただければと思います。

○石原委員　　こういった設置方法とか基準をつくるときは、いうのは簡単ですが、先生おっしゃるとおりに、実際ちゃんと試験しないと、あるいは過渡電磁界の解析とかしないといけないので、これは誰かボランティアやるとか、学会がやることも当然非常に重要だと思って、学会のほうが取り込むというのもあるのですが、非常に短い時間をやるときはそれなりの予算とか必要ですので、その辺を措置されることを期待したい。

○勝呂座長　　ありがとうございます。

○横山オブザーバー　　これに関しては、電源開発さんが、10年前ぐらいに、電中研と落雷の電流の観測を先進的にやられており、そのほかでも三菱重工さんとか北陸さんもかなりやっておられます。いままで、電源開発さんは、かなりの額の研究費を出しているのですが、今度また電源開発さんというわけには多分いかないでしょう。この検討の、費用はそれほど大きなものではないと思います。クライテリアを決める話はそんなところですので、どこかが音頭をとって何とかやるしかないと思います。

○勝呂座長　　ありがとうございます。それでは、今の意見を踏まえて検討していきたいと思います。ほかにございますか。

それでは、この中間報告書の内容を事業者に要請するというので、事務局のほうはしるべき対応、手続をとっていただきたいと思いますので、よろしくをお願いします。

よろしければ次の議題に移りたいと思いますけれども、資料3の説明ということで、株式会社日本製鋼所から説明をお願いします。

○日本製鋼所（吉田） 日本製鋼所でございます。

前回、3回目までご報告させていただいておりますけれども、ピッチベアリングに発生しましたクラックの原因調査につきまして、ほぼ原因が特定できましたので、対策案を含めまして説明させていただきます。

また、きょうはベアリングメーカーの方にもちょっと控えてもらっていますので、そちらのほうにもし質問がございましたらば、ご審議のほどよろしくお願いいたします。

それでは、原因と対策についてご説明させていただきます。

○日本製鋼所（鈴木） 鈴木でございます。調査結果についてご報告させていただきます。

まず最初に外輪の材料の調査結果ということで、前回のご報告と重複する部分もございますが、改めてご報告させていただきます。

まず、弊社の場合、P社とR社ということで2社のピッチベアリングを採用しております。P社製の外輪の材質は欧州の規格であるEN10083-3ということで、その中で規定されております42CrMo4鋼というものを使用しております。こちらの材料の引っ張り試験等をした結果が表1にまとめてございます。

その結果、一部上限が10メガパスカル超えるものもございますけれども、その他の項目については全て規格を満足していることが確認されております。また、R社製の材質に関しましては、JIS G 4052に規定されておりますSCM445H鋼でございます。こちらはJISには明確に規定されていないのですが、こちらに関してはR社さんのほうで社内基準をもってございまして、その社内基準を弊社の実績の調査結果から十分満たしているということが確認されております。したがって、クラックの発生原因が材料によるものではないということがわかりました。

また、レース面に関しましては、GLのガイドライン2003に規定されておりますロックウェルのCスケールの55以上ということで、こちらに関しても満足していることが確認されております。

続きまして、挿入栓穴部のクラックに関する調査結果でございます。こちらに関しましては、前回、固定ピン穴と挿入栓穴、こちらの直交部で応力集中が生じるということをご報告させていただいております。

(2)でクラックの発生原因ということで詳細にご説明させていただいておりますけれども、まず交差部には7～10倍の非常に大きな応力集中が生じるということが判明してお

ります。応力解析結果から、①、②の部分は500メガパスカルを超える応力が生じることが判明しておりまして、この500メガパスカルを超える応力の繰り返しによりクラックが発生していると考えております。

続きまして、疲労荷重の周方向分布ということで、当初、弊社のピッチベアリングの取付位置というのは、極値荷重条件時に作用する荷重が低い位置を選定して取り付けておりました。改めて疲労調査を行いまして、その疲労荷重分布を計算したところ、その分布状況を図4に示しますけれども、この180°位置というのが疲労荷重の一番大きい位置であるということが判明いたしまして、この180°位置にこの応力処置の生じる挿入栓穴部を設けたことがクラックの発生の主原因と考えております。

また、調査を進めるに当たりまして、P社とR社で、ソフトゾーンに設けられておりますこの挿入栓穴に逃がし加工というのがR社には施工されている一方で、P社にはないということで、その違いについても調査を行いましたが、その結果、荷重に関しては7%程度しか差異がなく、こちらの逃がし加工の有無がクラックの発生の直接原因とはなっていないと判断しております。

続きまして、次のページへ移ります。ボルト穴部のクラックに関しまして、まずR社製ベアリング損傷品の解体調査をしたところ、これはブレードの取り付けの約30~40ミリ位置を起点として発生しているということが確認されました。この破断面の観察位置からビーチマークが明瞭に観察されたことから、疲労による損傷であるということが明確であり、また、このビーチマークが半楕円孤形状から大きく湾曲している現象も確認されております。こちらに関しては図7に示しております。

さらに、起点部の調査を行い、介在物、欠陥、マイクロ組織の異常などは確認されませんでした。

次に(2)としまして、FEMによる応力解析をボルト穴部について行いました。この応力解析から、クラックの起点部とほぼ一致する20~40ミリの位置で応力が最大となるということがわかりましたけれども、こちらの最大値が200メガパスカル程度であり、クラックの発生には他の要因があるものと判断いたしました。

続きまして、(3)クラックの発生原因としましてですが、R社とP社において大きな違いは、高周波焼入れをした後に焼戻しをしているかしていないかということで大きな違いがあるということが調査していく上で判明いたしました。

R社の場合には、高周波焼入れの後に焼戻しの施工をしておらず、残留応力が高いであ

ろうということが想定されました。実際にそれを確証するために調査を続けまして、実際のものの残留応力測定を行った結果が表3になります。その結果、R社の場合には、最大、周方向で842メガパスカル、P社の場合には461メガパスカルという結果が測定されました。この測定結果をもとに、疲労損傷度検査によってボルト穴部の疲労寿命を評価した結果が図9になります。

図9のグラフから、残留応力が存在しない場合には約35年の寿命があるということが確認されましたが、一方で、残留応力が500メガパスカルの場合、これはP社製に相当しますけれども、約8年、800メガパスカル、R社製に相当する応力で約3年という評価結果が得られました。

したがって、こちらは実際のクラックの発生時期からも考えまして、この残留応力がクラックの発生の主要原因であると判断しております。

次、b)のボルト穴の表面粗さについてでございますが、こちらは実際に両メーカーのベアリングを調査していく過程で、ボルト穴の仕上げ加工、表面粗さが非常に粗いということがわかりまして、その影響についても評価を行いました。

その評価結果が図10になりますけれども、この表面粗さを約 $25\mu$ 、10点平均粗さ、Rzですけれども、こちら、 $25\mu$ に改善することにより寿命が3倍程度向上することも明確となりました。

最後になりますけれども、「対策案と疲労寿命評価」ということで、対策案といたしましては、逃がし加工等、挿入部の構造にすぐれているR社製のベアリングを採用することを前提といたしまして、挿入栓穴部のクラックの防止対策といたしまして、挿入栓穴の位置を $180^\circ$ から $240^\circ$ 位置へ変更いたします。ボルト穴部のクラックに対しましては、高周波焼入れ後に焼き戻しを実施し、残留応力の低減を図ります。c)としまして、疲労強度への影響の大きいボルト穴の現状の $180$ 程度ある表面粗さを $25\mu$ 程度へ改善いたします。また、応力の低減を図るために外輪の半径方向の板厚の高さの変更を計画いたします。

こちらの対策案の確認といたしまして、表4にまず示しますけれども、挿入栓穴部のオリエンテーション変更することによって、現状の0.8という解析結果ですけれども、こちら、約100倍——すみません、用紙のほうは10倍と書いてありますけれども、100倍の間違いです。100倍の約75年に疲労寿命が大きく向上いたします。

次に、図11、図12に示しますように、表面粗さを $180\mu$ から $25\mu$ に向上させるということで、図12になりますけれども、その場合、残留応力を500メガパスカル以下にすること

によって20年以上の疲労寿命が確保できるというのが明確となっております。

さらに、今現在、赤線で示しておりますけれども、例として、板厚・高さ30ミリずつ増加させた場合には約500年以上の寿命があることが明確となったことから、今後はR社製のベアリング、こちら、今、高周波焼入れの後に焼き戻し施工されておられませんけれども、それに焼き戻しを行いまして、その残留応力の測定を行い、その測定結果をもとに最終的に外輪の板厚・高さの寸法を詳細に決めたいと考えてございます。この対策と方針で今後進めさせていただく予定でございます。

以上です。

○勝呂座長　　ありがとうございました。今のご説明に関して何かご意見、ご質問あったらお願いします。

○石原委員　　前回に比べると、かなり定量的に評価されていて、原因も一応同定されたということはよくわかりましたが、資料のつくり方として、前回は応力の計算をするためには、レース面、具体的にいうと図6に対応するFEMの解析結果が掲載されたのですが、今回は消されていて、FEM解析して応力集中、どこになっているかわからなくなっているというのが1点です。

もう一つですが、ボルト穴の表面粗さという話も今回出てきて、これについていろいろ解析されたのですけれども、それに関するFEMの結果は全然なくて、それによって何が変わったかというのはわからなかったもので、最終報告書をまとめられたときは、この5番と、さっき申し上げたボルト穴の表面粗さの影響に関するFEM解析の結果やN-S曲線をぜひ掲載していただいて、穴断面の周方向、応力方向という絵を出していただければ、何によって何が変わるかというのはわかるように、あくまでコメントですので、よろしくお願いします。

○勝呂座長　　ありがとうございます。ほかによろしいですか。

○坂本委員　　ちょっと確認も含めてお伺いしたいのですが、この資料でよくわかるのですけれども、1点、逆にわからなくなってしまったのが、そもそもこのピッチベアリングに要求すべき設計要件とは何ぞやというところが非常にわかりづらくて、結局、その設計の考え方であるとか、例えばベアリングにどのような荷重を想定すべきだったのか、したのかということが明らかにならないと、結局、この対処方法というのは非常にパッチ的な感じを印象として受けます。結局、そこが非常にこの資料ではわかりづらいということがありまして、もしかすると、新たな問題がひょっとすると出てくる可能性があるのかなと

いう懸念も抱くものであります。

したがいまして、なかなか解明、そもそも設計がどうだったかというのをこの場でご回答いただくのは難しいとは思うのですけれども、その辺を少し切り込んだ形で整理できないかなあと考えておりますが、いかがでしょうか。

○勝呂座長　　いかがですか。

○日本製鋼所（鈴木）　　今この場で当時の設計の詳細というのはちょっとご説明しづらい部分がございますので、また別途、最終報告の際に明確に記載するようにさせていただきますようによろしいでしょうか。

○勝呂座長　　お願いします。どうぞ。

○石原委員　　この質問にも関連するのですが、この部分に関する設計というのは、私自身はG L以上に詳しいものは、風車については余り知らないもので、他の分野あるのかもしれない。特に機械工学の分野です。このあたり、そもそも最初に設計、きょうの説明の中にもあったのですが、最大応力を考えたときは180° でいいと思って、実際疲労を考えたから、そこが最大値になったと。このあたりがこの分野の、要は指針というか、この設計するときの基本的な考え方が整備されていないからこうなったのか、そこの認識はいかがですか。

○日本製鋼所（鈴木）　　当時、G Lのガイドラインも、2003と2010といろいろ変わったのがありまして、その部分で非常に曖昧だったというのはございます。疲労に関しては、はっきりと調査しなさいという明言された文章はなかったというのがありまして、極値ではきちんと評価したけれども、規格上はレース面の要は疲労を評価しなさいということで、ベアリング全体の評価をきちんとしなさいというのが明言されてなかったものですから、その基準に則ってレース面をきちんと評価したのですけれども、全体としての疲労評価が抜けていたという結果になったと認識しております。

○石原委員　　第3回と第4回の資料は、物すごい変わっていて、最初は材料のばらつきとか疑ったり、あるいは逃がし加工とか、それが原因ではないかというような、非常にたくさん疑いが出てきて、結論からいうとそこが違っていました。むしろ、最後出てきたボルトの表面の粗さですね。そういう意味では、この設計、一体何に基づいてやるかというのもぜひ整理されて、そうしないと、ほかに原因ないのですかというものがまた出てくるというのは怖いというのが、恐らく先ほど坂本さん指摘したと思っておりますので、これで本当に全部大丈夫だったかというのは設計の観点から最後レビューして確認していただ

れば、今後の安全性の向上にも貢献すると期待しています。

○勝呂座長 ありがとうございます。今の件に一言加えさせてください。

これは、まず対策案の1番のところにこういうR社製のベアリングを採用するとありますけれども、これは全数とりかえるという意味で考えていいのですね。

○日本製鋼所（鈴木） はい。全数交換を考えています。

○勝呂座長 そうなったときに、例えば問題は、今度、外輪の半径方向の板厚と高さの増加というので、一番最後に、結果判定次第、寸法の増加量等を検討しますよというのがある、実はこれが増加量すごい大きくなると重量が変わるとか、相当、例えばさっきの、認証システムの中で、軽微な変更なのか、大きくて、ちゃんと全部審査し直さなければいけないような変更なのかということが出てくると思うのですよ。

それと、さっきの石原委員とか坂本委員が言われた、基本的な設計はこういう形になっていて、それを、ここが原因だったからこのようになりましと。例えば部品をこうやっで変えますよといったときに、そこをどのように次に、ほかのところに全然影響がないんだよというのを検討して報告しないといけないと思うのですよ。

例えば寄与率が1%よりも低いとかなれば、機械工学とか土木工学なんかの常識でいうと、2桁大体合えばオーケーだということであれば、そのぐらいだったら何も変更届はしなくていいかもしれない。だけど、どこかすごく大きな、例えば影響を与えるようなところがあれば、それはやはり審査の再対象とか、それから認証の対象になるのではないとか、そのあたりをきちっと整理したような形の報告書で最終をまとめていただけたらと思うのですね。

そういうことで、私のコメントは以上ですが、ほかに何かございますか。

よろしいですか。

それでは、説明どうもありがとうございました。

まだちょっとあれかもしれないですけども、次の議題に移りたいと思います。次に、資料4の説明を事務局のほうからお願いします。

○飯田補佐 それでは、事務局から、「発電用風力設備の技術基準の解釈について」の一部改正についてということで、資料4、それから参考資料も別途用意しておりますので、そちらを使って簡単にご説明させていただきたいと思います。

第3回のワーキングでもご紹介しておりますが、風車落下事故を踏まえた中間報告における具体的な取り組みとして、技術基準の解釈を見直すというところを踏まえた上で、こ

の資料4の2.(1)①のところにありますように、解釈において3点の改正をする前提で、これまでパブリックコメントをかけておりました。幾つかのコメントは来ておりますが、この解釈の改正内容そのものを変更するというような内容ではなかったかなと思っております。

あと、こうした解釈を改正するという事は、当然、工事計画の届出をいただいたときに審査することが必要になってくるのですけれども、そうした観点からの産業保安監督部への研修ということも実施してございます。

こうした取り組み状況を踏まえまして、3.の今後のスケジュールのところですが、今月末までには、裏のページに書いておりますように解釈の改正をしていきたいと思っております。

それから、参考資料でございますが、平成26年度再生可能エネルギー発電設備耐力調査費補助金ということで、もともと、去年の風車が落下するという事故であるとか、あるいは水力のほうの扱いということも踏まえまして、この1.の「事業の目的」のところでございますが、今年度から、風力発電所及び発電用ダムを対象として再生可能エネルギー発電設備の耐力調査というものを実施し、その補強対策を検討いただくということで、より一層安全性の高い設備を構築していただきたいという目的で補助事業を新しく創設してございます。

その内容なのですが、2.のところでございます。風力発電所でしたら、風圧等の自然災害への耐力を確認するための検査、調査及び解析並びに補強対策の検討を行うための必要な経費の一部の補助ということでございます。

それから、4.の事業実施期間のところは今年度の事業ということでございます。

それから、採択の予定件数ということで、3ページの6.に、補助金交付の要件というところで記載しておりますが、風力の対象としては3件程度ということを考えておりました。補助率、補助額としては、2分の1補助で、1件当たり1,000万円が上限としております。予算全体としては1.3億円を用意しております。

4ページの7.の応募手続ですが、今現在既に公募中でありまして、締め切りが7月11日の17時ということですので。説明会も先週行ったのですが、何社か来ていただいて説明を聞いていただいたということで、興味をもっていただいている会社もいらっしゃると思っております。

6ページの8.の「審査・採択」ですが、よりよい提案を期待したいと思っております。

すが、外部の有識者、専門家の方に参画いただいてその採択をしていきたいと思っております。特に（２）の「審査基準」の下の方にあります【加点項目】というところですが、電気事業法に基づく安全への取り組みというのは、通常、技術基準適合維持義務が事業者に課されているものですので、この事業はどちらかというところ、そうした維持義務が課されている通常の取り組みを超えた、よりチャレンジングな取り組みということを少し念頭に置いているところがあるのですが、そういう意味において、⑦のところでは提案された検査手法とか調査手法に新規性があるかとか、⑧のところでは、より安全性の高い設備の構築に資するものであるか。あと、当然、波及効果、水平展開というところも強く念頭に置きたいという事業でございますので、⑨のところでは、他の事業者への波及効果があるか。こういったことを念頭に置きながら、よりよい提案を風力発電の事業者の皆様にしていただきたいと期待しているところでございます。

こうした取り組みと、今般の風車落下事故や雷事故に対する取り組みということも念頭に置きながら、規制とこうした支援というところを組み合わせながら、より一層の安全確保につなげていければと思っております。

以上でございます。

○勝呂座長　　どうも説明ありがとうございました。報告と、それから今の公募要領ですけども、今のご説明に関してご意見、ご質問等あったらお願いいたします。

よろしいでしょうか。

では、もうほとんど議事の次第が終了しましたので、議事を事務局にお返しいたしまして、今後のスケジュール等をお願いいたします。

○飯田補佐　　今後のスケジュールでございます。次回第５回は、今回に続きまして、個別の事故に係る詳細審議ということをご予定してございますが、具体的な日程につきましては個別の事業者の皆様のご調査状況を踏まえて改めて調整したいと思っております。したがって、後日事務局から連絡させていただきたいと思っております。

また、今回の議事録につきましては、後日、私どもの経済産業省のホームページに掲載することとしてございます。

以上でございます。

○勝呂座長　　どうもありがとうございました。

では、本日は皆様のご活発なご議論をいただきまして終了させていただきたいと思っております。どうもありがとうございました。

—了—